北京大学地理学教学丛书

Integrated Physical Geography

综合自然地理学

蒙吉军 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

北京大学地理学教学丛书

Integrated Physical Geography

综合自然地理学



ISBN 7-301-07868-4

责任编辑／赵学范
封面设计／张　虹

ISBN 7-301-07868-4/K·0350
定价：25.00元

北京大学地理学教学丛书

综合自然地理学

Integrated Physical Geography

蒙吉军 编著


北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

综合自然地理学/蒙吉军编著. —北京：北京大学出版社，2005.1
(北京大学地理学教学丛书)

ISBN 7-301-07868-4

Ⅰ. 综… Ⅱ. 蒙… Ⅲ. 自然地理学 Ⅳ. P9

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 093328 号

书　　名：综合自然地理学
著作责任者：蒙吉军　编著
责 任 编 辑：赵学范
标 准 书 号：ISBN 7-301-07868-4/K・0350
出 版 发 行：北京大学出版社
地　　址：北京市海淀区中关村北京大学校内　100871
网　　址：http://cbs.pku.edu.cn
电　　话：邮购部 62752015　发行部 62750672　编辑部 62752021
电 子 信 箱：zpup@pup.pku.edu.cn
排 版 者：兴盛达打字社　82715400
印 刷 者：北京飞达印刷有限责任公司
发 行 者：北京大学出版社
经 销 者：新华书店
787 毫米×1092 毫米　16 开本　17.25 印张　420 千字
2005 年 1 月第 1 版　2005 年 1 月第 1 次印刷
印　　数：0001～3000 册
定　　价：25.00 元

前　言

综合自然地理学(Integrated Physical Geography,Комплексная Физическая География)是在掌握了各部门自然地理学——地貌学、气象气候学、水文学、植物地理学、动物地理学及土壤地理学等的基础上开设的一门综合性课程。

自然界是由大气圈、水圈、生物圈和岩石圈相互耦合组成的一个整体。认识这个整体有两个必不可少又不能互相代替的途径:一个是分析,另一个就是综合。对于整个自然界来说,部门自然地理学是对整体的分析,是分门别类地从细节方面认识整体的各个部门;而综合自然地理学则是对各部门的综合,是通过协调各部分来从全局上把握整体。显然,只注重分析或只重视综合,都不能正确地认识整个自然界。因此,部门自然地理学与综合自然地理学是不能互相代替的。

综合自然地理学作为自然地理学的一个独立分支在中国的兴起,是与20世纪50年代后期苏联学者 Исаченко(伊萨钦科,1922～　)来华讲学的影响和北京大学地理系林超教授(1909～1991)的大力倡导分不开的。著名苏联地理学家 Берг(贝尔格,1876～1950)、Григолъев(格里戈里耶夫,1883～1968)、Калесник(卡列斯尼克,1901～?)和 Исаченко 在吸收前人的理论基础上,发展了自然综合体的思想,并建立了严格的体系。50年代,Исаченко 应邀来北京大学地理系讲学,主讲综合自然地理学。同时,北京大学地理系著名地理学家林超教授也积极倡导进行综合自然地理学的研究,这样,综合自然地理学在中国就首先在北京大学地理系落户了。在此还需指出,北京大学地理系陈传康教授(1931～1997)从理论上对自然地理学的分科进行了探讨,明确地把自然地理学分为部门自然地理学和综合自然地理学两个方面。60年代,陈传康教授为适应学科发展的需要,编写了中国第一本《综合自然地理讲义》,尝试全面、系统地论述综合自然地理学的基本原理。1980年,北京大学和东北师范大学联合举办了中国第一个综合自然地理研讨班,由陈传康教授和景贵和教授主讲。此后,中国各大学地理系才相继开设了综合自然地理学的教学。

在本书编写过程中,参考了北京大学陈传康教授(1993版)、东北师范大学景贵和教授(1990版)和刘惠清教授(2002版)、陕西师范大学刘胤汉教授(1991版)、华南师范大学刘南威教授(1998版)、湖南师范大学程伟民教授(1990版)、河南大学全石琳教授(1988版)等编写的同类教材,还参考了蔡运龙教授的著作《贵州省地域结构与资源开发》(1990版)和倪绍祥教授编写的《土地类型与土地评价概论》(1999版)。此外,还得到了北京大学环境学院自然地理教研室蔡运龙教授和许学工教授的指导。本书第7章"土地变化科学"内容参考了国土资源部土地整理中心龙花楼博士应邀作学术讲座的内容,第8章、第9章分别借鉴了傅伯杰研究员、邬建国教授发表的相关成果,第10～11章部分内容是在北京大学环境学院(原城市与环境学系)97级、98级和99级自然地理(地理科学)专业同学课堂讨论基础上修改而成的,其中,第10章部分内容还参考了由蔡运龙教授主持编写的《同等学力人员申请硕士学位地理学考试大纲和复习指南》(1999版)中的相关内容。

在本书出版过程中,北京大学环境学院李寿深先生、陈静生先生提供了一些苏联地理学家

的资料，国土资源部土地整理中心龙花楼博士帮助翻译了部分专业词汇，北京大学出版社赵学范编审付出了辛勤的劳动，北京大学环境学院研究生严汾、王文博、何钢协助校正书稿、编制人名和专业词汇对照表。另外，本教材的讲义在2000年就由北京大学教材科作为校内教材印刷，北京大学教材科的郑国芳老师给予了极大的帮助。在此，一并表示诚挚的谢意！

在本书编写过程中，涉及到不少外国学者姓名，为避免中文翻译中的谐音，便于读者检索文献，力求采用外文，并在其第一次出现时，用外文与中文对照给出，在书后附有外国人名姓氏英(俄)汉对照。

此外，为便于读者查询专业词汇，本书还给出了汉英(俄)对照专业词汇。

尽管本书在正式出版前已印成讲义，并在北京大学自然地理(地理科学)专业教学中使用达5次之多，但因作者才疏学浅，书中不足之处在所难免，恳请各位师长和同行朋友们不吝指正！

蒙吉军

2004年3月于燕园

内容简介

本课程在介绍综合自然地理学的研究对象、内容、目的及与部门自然地理学各学科内容之间关系的基础上，阐述自然地理环境的整体性。

全书共11章，约42万字，重点探讨了自然地理环境的空间地理规律及时间地理规律；区域尺度的自然地理等级单位的划分——自然区划的理论与方法，重点研究综合自然区划的原则、方法和等级系统；局地尺度的自然地理等级单位的划分——土地类型学，重点研究土地分级、分类和分等的原理和研究方法；系统介绍了综合自然地理学的研究前沿（土地变化科学、生态系统综合评价以及景观生态学等方面的主要内容）及综合自然地理学在农业发展、景观生态设计、旅游开发、城市规划、区域开发以及自然环境发展预测等方面的应用。

与目前国内出版的同类教材相比，本教材内容系统（综合了国内已经出版的同类教材的内容体系，尤其是加入了地域组合规律、时间地理演化规律等内容）、体系合理（在研究了国内同类教材体系存在问题的基础上，构建了结构合理的体系）、逻辑性强、内容新颖（追寻学科发展前沿，增加了当前综合自然地理学研究的核心问题——土地利用/覆被变化、生态系统综合评价以及景观生态学等内容）。

本书将为培养学生从事地理科学、土地科学、区域科学研究、自然区划、土地资源调查、区域开发、资源环境、旅游地理、城市规划等工作奠定基础。全书文字流畅、逻辑清晰、难易程度适中，可供综合性大学、师范类院校以及其他各类相关专业学生使用。

目　　录

第1章 绪　　论

1.1　综合自然地理学的研究对象

一门科学之所以与其他学科不同，是因其具有自己的研究对象、理论体系和工作方法。正是研究对象的不同，才使一门科学具有独立性和在科学体系中取得应有的地位。

(一) 自然地理环境

综合自然地理学的研究对象就是人类赖以生存的地理环境——地球表层(earth surface)。所谓环境(environment)，是相对主体而言的。从微观世界到宏观世界，从自然界到人类社会，每一具体事物都要与周围事物发生复杂的联系。那些围绕着主体，占据一定空间、构成主体存在条件的诸种物质实体或社会因素，就是该主体事物的环境。因此，环境因主体的不同而不同，随主体的变化而变化。

许多学科的研究内容都涉及环境。然而，把环境作为实体来研究的主要有生物科学中的生态学、地球科学中的地理学及近年发展起来的环境学。虽然这三门学科的研究对象都是环境，但因研究的主体不同，主要矛盾不同，其"环境"的含义也各有差别。生态学领域的主要矛盾是生物与环境的矛盾，其"环境"是以动物、植物和微生物为主体的生态环境；环境学领域的主要矛盾是人体与环境的矛盾，其"环境"是以人体为主体的污染环境；地理学领域的主要矛盾是人类社会与环境的矛盾，其"环境"是以人类社会为主体的地理环境。

作为地理学研究对象的地理环境，是由自然环境、经济环境和社会文化环境相互重叠、相互联系所构成的整体。自然环境是由地球表层各种自然物质和能量所组成具有地理结构特征并受自然规律控制的地理环境部分；经济环境是在自然环境的基础上由人类社会形成的地理环境部分，主要指自然条件和自然资源经利用、改造后形成的生产力的地域综合体，包括工业、农业、交通和城镇居民点等各种生产力实体；社会文化环境是人类社会本身所构成的地理环境部分，包括人口、社会、国家、民族、语言、文化等方面地域分布和组合结构，还涉及社会上人们对周围事物的心理感应和相应的社会行为。

对应于上述地理环境的三部分，地理学可分为三门主要的学科，即研究自然环境的自然地理学、研究经济环境的经济地理学和研究社会文化环境的社会文化地理学(即狭义的人文地理学)。

自然地理学主要研究地理环境的自然方面——自然地理环境(physical geographic environment)。自然地理环境包括天然环境和人为环境两类。天然环境是指那些只受人类间接的或轻微影响的，而原有自然面貌基本上未发生明显变化的原生自然环境，如极地、高山、大荒漠、大沼泽、热带雨林、某些自然保护区以及人类活动较少的海域等；人为环境是指那些经受人类直接影响和长期作用之后，自然面貌发生重大变化的次生自然环境，如农业、工业、城镇等开发利用地区。人为环境的成因及其形成，主要取决于人类干预的方式和强度，然而它自身的演变和作用过程，则仍受制于自然规律。因此，人为环境和天然环境统称为自然地理环境。

自然地理环境是地球表层的大气、水、岩石、生物以及其他派生的自然物质共同组成的整体。因此,自然地理环境也称为自然综合体(natural complex)或景观(landscape)。人们对自然地理环境的命名各不相同,但其所指的客观实体却是基本相同的,这些术语主要有:地理壳(Григолъев)、景观壳(Калесник)、地理圈(Арманg,阿尔曼德)、景观圈(Ефремов,叶夫列莫夫)、表成地圈(Исаченко)、生物发生圈(Забелин,查别林)、地球表层(Броунов,布罗乌诺夫)等。中国著名自然地理学家黄秉维(1913~2000)院士提出了"地球表层系统"、赵松乔(1919~1995)提出了"近地面活动层"、牛文元院士提出了"自然地理面"的新概念。这些术语虽然名称不同,但内涵基本相同,没有重大差别。

自然地理环境的物质组成具有相对独立性、整体性和区域性的特点,相应于这3个特点,自然地理学(Physical Geography)可分为部门自然地理学、综合自然地理学和区域自然地理学。部门自然地理学(Sectorial Physical Geography)研究组成自然地理环境的某一要素,即研究这个要素的组成、结构、时空运动和地理分布规律,如水文学、地貌学、气候学等;综合自然地理学(Integrated Physical Geography)研究自然地理环境的综合特征,即把自然地理环境作为一个整体来研究,着重研究其整体的各组成要素及各组成部分的相互联系和相互作用的规律;区域自然地理学(Regional Physical Geography)研究一定区域自然地理环境的某个组成要素和自然地理环境的综合特征,即对区域的部门情况和区域的综合情况进行研究。

(二) 自然地理环境的研究范围

自然地理环境是个完整而连续的物质系统,若划出其中某一部分作为一个系统进行专门的研究,则需划分边界。具体边界的划分主要从物质联系和相关程度和空间的可划分性来确定。关于自然地理环境的厚度,还存在着争论。中国多数地理学家和俄罗斯地理学家,主张按照物质的内在联系发生显著减弱处来确定其边界。认为其上界以对流层的高度为限(在极地上空约8 km,赤道上空约17 km,平均10 km);下界包括岩石圈的上部(陆地上约深5~6 km,海洋下深4 km)。上下之间包括了大气圈的对流层、地壳沉积岩石圈、水圈以及生物圈(图1.1)。

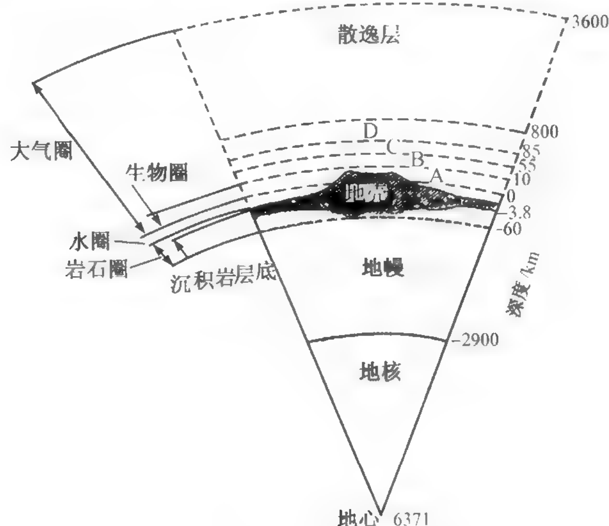


图1.1 地球圈层构造

A. 对流层,B. 平流层,C. 中间层,D. 电离层

其依据有以下几个方面：

(1) 大气对流层、陆地表面和整个水圈都直接参与太阳辐射引起的地球表面的物质循环，而且水圈的底部和对流层的顶部都有生物的生存；

(2) 各大陆自表面到地下 5～6 km 深度内，一般都保存有沉积岩，而沉积岩是由 3 个无机圈层的物质和有机物质相互作用形成的；

(3) 沉积岩层以下的热力条件是地热占优势，而且那里已没有空气、液态水和微生物存在。

另外，牛文元提出的"自然地理面"认为，上限在地球大气的"近地面边界层"顶部，即地表向上 50～100 m 高度，下限在太阳能量影响地面以下的终止线，此线在陆地深约 25～30 m，在海洋约位于深 100 m 的海水层。上下限的总厚度介于 75～200 m 之间。

陈传康认为，此圈层厚度无需硬性规定，可随研究范围的不同而有差别，一般说来，研究范围越小，厚度也小，研究范围越大，厚度越大，只有全球性的问题才可能牵涉到所谓地理壳的厚度。

(三) 自然地理环境的特征

自然地理环境镶嵌于地球表面，面向宇宙空间，既受宇宙因素、行星因素的影响，又受地球内部构造因素的制约，是一个不同于地球其他部位的一个相对独立的物质系统，其基本特点是：

(1) 太阳辐射集中分布于地球表层，太阳能的转化亦主要在地球表层进行。地球高空大气对太阳能的吸收很少，而太阳辐射又不可能穿透地球内部，这就使大部分太阳辐射集中分布于地球表层附近，并在这里重新转化。因此，海陆表面上下是太阳辐射能对地表的几乎所有自然过程起重要作用的地方。

(2) 同时存在着气、固、液三相物质和三相圈层的界面。其中陆地表面是固体和气体的界面，海洋表面是液体和气体的界面，海洋下界是液体和固体的界面，海洋沿岸带是三相界面。各界面上三相物质共存，又互相交换，互相渗透，形成多种多样的胶体和溶液系统。

(3) 具有本身自我发展的形成物，例如生物、风化壳、土壤层、地貌形态、沉积岩和粘土矿物等，这些物质和现象都是地球表层特有的，通常称为表成体(表成地圈)(epigeoshere)。

(4) 互相渗透的各圈层间进行着复杂的物质、能量交换和循环。如水分循环、化学物质循环、地质循环等。地球表层物质能量转化过程的强度和速度都比地球其他各处大，表现形式也更复杂多样。

(5) 存在着复杂的内部分异，其各部分的特征差别显著，在极小的距离内都可能发生变化。这种分异除了表现在水平方向上外，也表现在垂直方向上。

(6) 人类社会发生发展的场所。尽管随着科学技术的发展，人类活动范围已远远超出海陆表面，达到地球高空，甚至宇宙空间，但地球表层仍是人类生活的基本环境。

1.2　综合自然地理学的学科地位和特点

(一) 综合自然地理学的学科地位

地球表层是人类生存和生活的环境，它包括各种组成成分相互作用而形成的自然地理环

境，人类社会发展过程中形成的社会经济环境和社会文化环境。研究地球表层的地理学，既要研究三种环境的综合特点，又要分别研究三种环境各自的特征和规律，还应研究每种环境的组成成分或组成部门。

与此相应，地理学的分科有3个层次(图1.2)：研究整个地理环境综合特征的综合地理学，这是第一层次；分别研究自然地理环境、经济环境和社会文化环境综合特征的综合自然地理学、社会经济地理学(即综合经济地理学)、社会文化地理学(即行为地理学)三门学科为第二层次；分别研究自然地理环境、经济地理环境、社会文化环境的各个成分的部门地理学为第三层次。

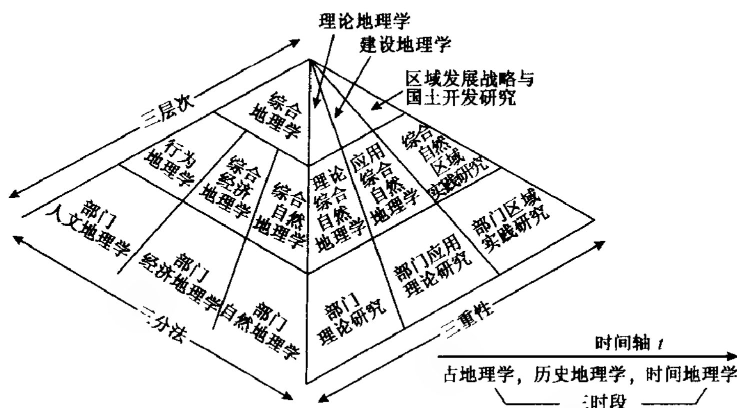


图1.2 地理科学体系

(陈传康，1993)

从图1.2可以看出，综合自然地理学处于地理学科的第二层次，是该层次的基本组成部分。它是在第三层次，即部门自然地理学分析研究的基础上进行综合研究，同时也为第一层次的综合地理学提供基础。

另外，从图1.2还可以看出地理学的“三分法”、“三重性”和“三时段”。“三分法”即指地理学分为自然地理学、经济地理学、人文地理学；“三重性”即指分为理论、应用理论、区域实践研究三个程序；“三时段”即指分为古代地理学、历史地理学和时间地理学。

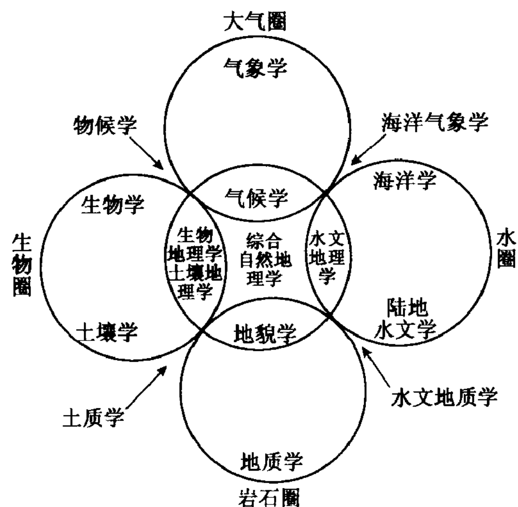


图1.3 自然地理学与其他学科的关系

陈传康将自然地理学分为综合自然地理学和部门自然地理学两部分。

部门自然地理学包括地貌学(Geomorphology)、气候学(Climatology)、水文地理学(Hydrogeography)、土壤地理学(Pedogeography)、植物地理学(Phytogeography)、动物地理学(Zoogeography)等，分别研究构成自然地理环境的某个组成部分，研究它们的特点、成因、地域分布规律，及其在整个地球表层中的作用。部门自然地理学是边缘科学(如图1.3)，如地貌学是地理学与地质学之间的边缘科学，气候学是地理学与气象学之间的边缘科

学,研究方向往往各有所侧重,例如,可以强调地貌学的地理学方向,也可以偏重地质学方向。因此,部门自然地理学,既要分析,又要综合。部门自然地理学的综合研究方向是指以地球表层作为背景,来考察自然环境各组成成分的特性,尤其是对从部门自然地理学中分化出来的特殊自然环境类型(如冻土、冰川、沼泽等)研究时,更要进行综合研究,但相对于综合自然地理来说是分析的。

综合自然地理学是从整体上来研究自然地理环境的,而自然地理环境的各个组成部分如地貌、气候、水文、土壤、植被等都是整体的个别部分。作为整体的自然地理研究,虽具有那些组成部分所没有的特性,但又不能代替各个组成部分,后者在整体中并未丧失其独立性。这样,综合自然地理学就是自然地理系统,地貌学、水文地理学、气候学、土壤地理学、生物地理学等部门自然地理学就是组成自然地理系统的子系统。只研究部分是无法回答整体的综合特征的,而要研究综合特征就要从研究部分着手,一方面分析每个组成部分在整体背景下的具体特征;另一方面,要着重研究各部分之间的相互关系。整体与部分、系统与子系统、综合自然地理学与部门自然地理学,它们之间的关系就是分析和综合的统一。

无论是部门自然地理学,还是综合自然地理学,除了进行基本理论研究以外,还要结合实际进行区域性的自然地理研究,使其得到验证(图 1.4)。

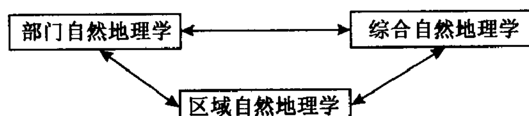


图 1.4 部门自然地理学、综合自然地理学与区域自然地理学的关系

例如,区域气候、区域地貌、区域水文、区域土壤、区域生物等,均属于部门自然地理学对于某一区域的研究实例。综合自然地理学的区域性研究,主要是对某一具体区域所进行的综合自然区划和土地类型的研究。因此,通常所说的区域自然地理学实际包含着部门自然地理学和综合自然地理学的区域性研究内容和研究成果。区域自然地理学需以部门自然地理学和综合自然地理学的基本理论为基础,它是部门自然地理学和综合自然地理学理论联系实际的具体体现,同时也是自然地理学为实践应用的重要环节。

(二) 综合自然地理学的学科特点

与部门自然地理学的研究不同,综合自然地理学有如下学科特点:

1. 整体性

整体性是综合自然地理学研究的基本出发点,所以它一向把地球表层不同等级秩序的自然地理单位(自然综合体)视为一个统一的整体,其中的各种现象和过程不是孤立的、偶然的堆砌,而是互相联系、互相制约的,这既是传统的观点,也与现代系统论观点一致。地球表层的整体性,不是简单地表现在成分上的组合性上,因为简单地表现在成分上的组合性只能说明它是集合或者混合体,而不能反映出它是由各成分以某种方式进行相互联系、相互作用而形成的有机整体。因为,在地球表层存在着的是由各组成成分间的相互联系所建立起来的网络结构,这种结构能完成一定的整体功能,形成一个整体效应,尤其是起着协同作用的效应。

总之,综合自然地理学的整体性,既不能把它简化为各种组分,也不能离开组分去谈整体,而只能从组分之间的相互联系和相互作用去认识它。整体性的强弱主要取决于各组分间结构的完备性和功能的协调性。

2. 综合性

综合自然地理学的综合性,就是把自然地理单位的形态与本质、结构与功能、稳定与变化、时间与空间等结合起来,把综合体各部门之间、部分与整体之间、整体与外部环境之间联系起来,进行综合、系统地考察,找出其共同性与规律性。从方法上论,综合性是相对于分析而言的,分析是基于简化的观点,即把一个整体分解为各个部分分别加以研究;综合是基于系统的观点,它从整体出发,将各部分联系起来全面地加以研究。所以,综合性绝非排斥分析方法,而是把分析和综合统一起来,使认识更全面、更系统、更深刻。

综合自然地理学的综合性研究,一般分为 2 个步骤:

- 初步的综合,是依据高度的逻辑程序,从系统的结构上进行组合,形成一个新的概念模型;
- 高级的综合,则需要高度的科学创造性,着重从系统的功能上进行综合与分析,建立一个新的数学模型,使之既可从功能上又可从发展动态上定量地解释所研究的对象。

目前,对综合自然地理学的研究多数还处于初级阶段,但近来有所发展,出现了一些新的趋势。

3. 相关性

相关性是综合自然地理学研究的最重要的特点与关键性的方法。因为综合自然地理学研究对象的各部分之间,部分与整体,整体与外部环境之间出现的各种现象和过程,都存在着一定的联系和中介环节。这些联系具有客观性、多样性、普遍性、相对性的特点,并通过一定条件的中介来实现。因此认识这些相互联系时,必须抓住这些环节,但不一定深入研究这些机制,而是借助有关学科的研究成果来解释这些联系和关系。

在自然环境的各种相互联系中还存在着复杂的关系,如因果关系和决定关系。因此,研究这些关系及其表现形式,乃是综合自然地理学的重要内容,而且尤其要注意他们的特点。因果关系不是单一性的,往往是一因多果或者一果多因的,因果关系具有继承性特征,因果关系具有时间效应和积累效应,以及因果关系可以互相转化等。在传统的研究中,只把庞杂的自然环境及其相互关系简化、分解为单因素的、机械的因果系列来处理,得出静态的概念结构模型,或者粗略的定性描述它们之间的辩证关系。因此,难于把研究对象如实地作为有机整体来研究,更不能对其中的相互关系进行精确的描述和模拟,也无法掌握其运动发展规律,自然无从进行科学的预测。现代的系统论等科学理论以及有关的科学技术,对于解决多因素的动态复杂系统的关键性问题,提供了有效的手段和方法。系统分析的方法表明,复杂系统的因果关系和决定关系,至少包含着机械的、统计的、反馈的和模糊的多种因果关系形式和决定形式,这不仅仅只是简单的机械形式。因此,这些相关是扩大了的因果关系和决定关系。所有这些新的科学理论,都为综合自然地理学的现代化带来了希望和可能。

除此之外,综合自然地理学与部门自然地理学,或其他地理学一样,都具有地域性、层次性以及动态性。所有这些特性构成了综合自然地理学在地理科学体系的地位与作用;同时,也正由于综合自然地理学具有与其他地理学分支学科不同的特点,才形成了具有特殊矛盾的研究对象和研究方法。

1.3 综合自然地理学的发展及趋势

综合自然地理学的形成和发展是自然地理学发展的必然。综合自然地理学是一门年轻的科学,其理论体系的确立只是近几十年的事,但其综合思想的萌芽却历史悠远。

(一) 古代中外地理著作中的综合思想(公元前~18世纪中期)

中国是世界文明古国之一,古代就有许多有关地理的专著,史书中也有关于地理的篇章,还有浩瀚的地方志等等,都包含着丰富的、综合性的区域自然地理内容,其中透露了一些综合思想。

公元前5世纪的《禹贡》,就曾把当时中国的领域划分为九州——冀、兖、青、徐、扬、荆、豫、梁和雍州,并对各州的山川、湖泽、土壤、物产进行了阐述,这无疑是世界最早的区划著作之一,作为地理区划的观念,在地理学发展史上具有深远的意义。同一时期的《周礼》把中国的土地分为五大类——山林、川泽、陵丘、坟衍、原隰,这是人们在生产和生活中辨识出的不同自然类型的总结。

公元前3世纪战国时期,出于赋税的目的,《管子·地员篇》又进一步对全国的土地作了系统的划分和评价:首先根据地势高低和地貌形态的巨大差别把土地划分为渎田、丘陵和山地三大类,然后又按地表组成物质、中小地貌形态和其他自然特征的差异细分为25个土地亚类,同时还依各土地的土壤肥力以及对农、林业的适宜程度把土地分为上、中、下三等,这是世界上最早的土地分类和分等系统。同时,该书还就植物与地形、水文、土壤的相互关系进行论述,记述了植物的垂直与水平分布现象,包含了地植物生态与环境关系的综合思想。

此后,由于管理幅员辽阔的国土的需要,中国地方志著作有了很大的发展。汉代《汉书》中的"地理志"、《水经注》以及其他地理著作,都对区域性地理资料进行编辑,并辑录有一定综合性的地理资料。11世纪,中国著名的地理学家沈括(1012~1074)的《梦溪笔谈》中叙述了海陆变迁的事实,从河流沉积作用解释华北平原的成因,从流水侵蚀作用论述了雁荡诸峰的形成,还详细记载了物候现象,是有关自然地理现象综合观察与探索的科学著作,具有一定的综合自然地理知识。此外,还有《大唐西域记》、《徐霞客游记》等,不论是地方志、还是专著或游记,共同特点是把自然、经济和人文综合在一起,按行政区、水系或考察路线来加以记述,故都是有综合性的区域自然地理资料。

在国外,古巴比伦、埃及、希腊和罗马等文明古国也积累了大量的具有综合自然地理学意义的文献和资料。地理学之父——古希腊 Eratoslhenes(埃拉托色尼,公元前273~192)在其著述的《地理学》中,最早使用"地理"一词记述了地球形状、大小和当时所知的海陆分布,开创了以数理地理为中心内容的、对整个地球进行研究的方向,被后世称"宇宙派"。古罗马学者 Strabo(斯特拉波,公元前64~公元20)著的17卷《地理》,认为应当研究"我们居住的世界——大小、形状和性质,以及它和整个地球的关系,这是地理学的特殊任务,然后以适当方式来讨论居住世界——陆地和海洋的一些部分",他的巨著被认为是最早记述世界自然和人文的地理志,奠定了地方志的方向,被称为"博志派"。这些著作中的综合思想,依稀可见。

15世纪,在中国伟大的航海家郑和(1371~1435)七次下西洋后,欧洲为扩大海外贸易和开辟新航道的探险活动突然增加,Colombo(哥伦布,1451~1506)、Magellan(麦哲伦,1480~

1521)、Vasco da. Gama(达伽马,1469～1524)、Cook(库克,1728～1779)等人的地理大发现,虽与掠夺殖民地分不开,但对地理学的发展起到了促进作用。人类的地理视野大大地扩展,不但最终证实了大地球形说的正确性和地球存在着一个统一的世界大洋,还发现了洋流,确定了南北半球的信风带和对季风形成做出科学解释。这一时期收集的大量地表自然现象资料,为17世纪下半叶探讨海陆起源、植物和动物的分类等理论问题,以及综合地研究地球表面自然现象建立了基础。

荷兰地理学家 Varenius(瓦伦纽斯,1622～1650,德国学者,后迁居荷兰)第一次对地理大发现时期的大量资料进行了概括和总结,他也是第一个接近正确理解自然地理学研究对象的学者,发表了叙述和解释地球表面自然现象一般规律的名著《地理学通论》(Geographic genaralis,有人译为"普通地理学"),分三篇论述天界、陆界和水界的特征,认为水陆界的各个组成部分是处于相互渗透之中的。

(二) 古典地理学时期的自然地理研究(18世纪中期～19世纪中期)

此阶段为综合自然阶段,又称之谓地理学建立之前奏。地理学处于向整理材料即理性认识阶段过渡的历史转折,是一个具有关键意义的阶段,通常称为"古典地理学"时期,其特点在于地理学已不是单纯的记述地表的地理事物,而是进一步对地理事物加以分析说明,故又称为解释地理学时期,以区别过去的描述地理学。

俄罗斯科学家 Ломоносов(罗蒙诺索夫,1711～1765)是一位知识广博的学者,也是俄国科学院内官方设立的地理部第一位主任(1758),在其《论地层》一书中,提出"自然是统一的、普遍变化的"观点,并试图解释山脉、矿物、土壤的生成、气候的变化和有机界的发展等,还曾指出自然地理学应该研究地球表面。其阐述的原理、观点都是关于自然综合体规律性观念的基础。

德国的 Humboldt(洪堡,1769～1859)和 Carl Ritter(李特尔,1779～1859)是19世纪最突出的地理学家,被誉为近代地理学的奠基人。自然地理学开始成为一门独立的分支学科。从这时起,自然地理学由单一的、表象的、静态的自然地理成分和现象的研究走向把自然地理环境作为一个整体进行综合的、内在的和动态的研究。

Humboldt 治学涉及自然地理学、地质学、地磁学、气候学、生物地理学等各个方面,对地理学、生物学贡献尤大。仅就地理学而言,他的贡献有:

(1) 总结出自然地理学和方志学研究的一般原理,正确地指出自然界各种事物间的因果关系。他认为,包括人在内的自然界是一个统一整体,地理学就是揭示各种自然现象的一般规律和内在联系;并认为自然界是永恒运动的,若要认识它的现在,就必须了解它的过去。

(2) 探讨了地形、气候与植物的关系,坚持用地理学的眼光和立场研究植物。早在他研究费赖矿区地下植物的论文中就明确表示:他不是为了研究植物而研究植物,而是为了研究植物和环境的关系。他论述了植物带的水平和垂直分布规律,创立了植物地理学。

(3) 制成了世界第一幅平均等温线图,注意到了海陆分布所造成的等温线与纬度的差异,创立了大陆性的概念。他绘制了洋流图,首次发现了秘鲁寒流(曾一度称洪堡寒流,后因本人反对而改现名),观察和记述了西伯利亚的永久冻土现象。

(4) 纠正了当时流行的错误成岩理论,断言花岗岩、片麻岩和其他一些结晶岩是火成岩,指出了火山分布与地下裂隙的关系,认识了地磁强度从极地向赤道递减的规律,"磁爆"一词就是他创造的。

(5) 在人文地理方面贡献卓越,他认为,人类是自然的一部分。

Humboldt 的贡献为自然地理学成为一门独立的分支学科奠定了基础。在巨著《宇宙》中说"自然是一个大的整体,这个整体的活动是由它的内力来推动的",强调自然的统一和紧密联系,把地球看成一个不可分割的有机整体,其各个部分在空间排列中都是相关联的。Humboldt 还得出了自然地理现象的地带规律性,为综合自然地理学的形成奠定了基础。

这一时期学科发展出现了由综合向分化的过程。由于 Humboldt 等人的努力,植物地理学较早独立出来。Albrecht Penck(阿·彭克,1858～1945)是近代地理学史上系统从事自然地理研究最出色的学者,首次采用地貌学(Geomorphology)一词来论述地球形态的起因。美国地貌学家 Davis(戴维斯,1850～1934)创立了侵蚀循环学说(地理轮回说),在他们的努力下,地貌学成为地质学和自然地理学的边缘学科独立出来。Koppen(柯本,1846～1940)创立用温度和雨量年度变化进行气候分类的方法,是近代地理学最权威的气候分类之一,对研究植物地理和自然区划都有重要意义。在其努力下,气候学也分化出来成为独立的学科。Докуцаев(道库恰耶夫,1846～1903)创立了自然地带学说,划分了自然土壤带,论证了自然现象的地带性规律,这一思想直至目前仍然是自然地理学的理论基础。在其努力下,土壤地理学也成为独立的学科。这样,一系列部门自然地理学都先后从包罗万象的自然地理学中分化出来成为独立的学科,自然地理学的"危机"时期到来了。

(三) 近代自然地理学的迅速发展(19 世纪末～20 世纪 50 年代)

此阶段为综合自然地理学理论体系形成时期。1871 年第一次国际地理学大会的召开,标志着地理学走向现代科学的发展阶段。地球表面大体得到考察,地理学有了真正理论概括的基础,这是创立科学地理学的基本条件。与此同时,科学技术的飞速发展和新学科的不断出现,又加速了科学分化的进程,自然地理学也逐渐分化为一系列独立的部门自然地理学。分化的趋势在客观上也加强了自然地理学内部相互联系的要求。分化愈深入,综合愈重要。许多自然地理学家坚持综合研究的方向,为确立和不断完善综合自然地理学的理论体系作出了卓越贡献。

德国 Richthofer(李希霍芬,1833～1905)坚持 Humboldt 的观念,集中研究地球表面上相互联系的各种现象,发掘人类和自然现象之间的关系。早年曾在阿尔卑斯山考察地质,1860 年到斯里兰卡、日本、菲律宾、马来西亚、印尼、泰国、缅甸等国家考察,后又去美国考察火山和金矿。提出黄土的风成假说,对野外地理调查方法的研究很有造诣,著有《调查考察的领导方法》,明确指出:地理学必须限于研究地球表层,即岩石圈、水圈、大气圈和生物圈相互接触的地方。还著有《现代地理学的任务和方法》、《十九世纪地理学的动力和方向》等。

俄罗斯土壤学家 Докуцаев 综合大量事实,对俄国草原黑土地带的自然地理做出综合性的理论概括,认识了自然地理地带性规律。其中心思想是自然综合体思想,即地表的一切自然组成成分都是紧密联系、相互制约的。他在晚年认为,应当建立一门新学科,是关于那些错综复杂的、各种各样的相互联系、相互作用的学说,是那些存在于生物界与非生物界之间的、支配着地表自然界变化的规律的学说,虽然他未预料到这门科学就是综合自然地理学,但他提出的自然地带学说,已经将这门新科学的理论探讨,提高到一个新的水平。

Hettner(赫特纳,1859～1941)是继 Humboldt、Carl Ritter 之后、第二次世界大战前德国最有影响的地理学家。他创立了地志学思想,提出"地志学的目标在于通过对现实的不同领域

的并存、其间的相互关系,以及它们的多样展现的理解,来认识区域或地方的特征,从而在各洲、各大小区域或地方的实际安排中去了解整个地球表面"。Hettner认为,一切事物都是按照它们在地球表面的区域联系来考虑的,地理学既是探求普遍规律的科学,也是论述个别事物的科学。关注人和自然及生物环境关系的研究,形成了传统的区域研究纲要,即从位置开始,依次是地质、地貌、气候、植被、自然资源、定居过程、人口分布、经济、交通和政治分区,构成了一个因果顺序,且每一论题都是讨论其与自然基础的关系。

英国学者Herbertson(赫伯森,1865～1915)和法国学者De Martonne(德·马东,1873～1955)是20世纪初最著名的自然地理学家。Herbertson按地表形态、气候与植被划分了世界大自然区,为地理学为自然区划服务的事业开了先例。De Martonne是近代法国贡献最大的自然地理学家,向欧洲介绍了Davis的侵蚀循环学说,用干燥指数来识别气候干湿,对气候的系统研究作出了贡献,著有《自然地理学》,对地球概况、地形、气候、水文、土壤和植物等方面作了分析论述。

此阶段比较典型的有两个学派——景观学派与普通自然地理学派。

(1) 景观学派

景观学的兴起是20世纪综合自然地理学综合研究的一个重要特点。景观一词源于德语landschaft(原意:地方风景)。景观学的创始人是德国近代地理学家Schlüter Otto(施吕特尔,1872～1952),曾当过Richthofer的助教,与Hettner同时代,认为地理学的研究对象是景观,主张研究景观的变化过程,晚年把景观概念更进一步具体化,即"景观是自然和人类社会共同缔造的生存空间"。他的后继者Seigfried Passarges(帕萨尔格,1867～1958)又进一步提出景观类型的思想,划分为景观带(中欧森林带)、景观群(中部德意志平原)、景观(谷地、平原等)、景观部分(构成谷地的斜面、谷底、沙丘、牧场等)。H. Lantensach(拉乌特扎哈)进一步将景观类型思想系统化,提出4个位置型(纬度、东西位置、高度、大陆中心与边缘)和6个因素(地形、土壤、水利、生物、土地利用、聚落)相结合划分类型的方法。Troll Carl(特罗尔·卡尔,1899～1937)提出了"景观生态学"思想,把地理学和生态学结合起来,提出"景观生态学就是研究景观诸因素相互关系和作用的科学",使综合自然地理学得到进一步发展。还指出气候是大的景观单元的指标,土壤是小景观单元的指标。

但苏联的景观学派植根于Докучаев的自然地带学说,认为土壤是景观的一面镜子,土壤的地带性规律反映了景观的地带性规律。景观学由Берг创立,他指出景观是地理学的研究对象,景观学就是地理学,1931年出版了《苏联景观地理地带》,对景观学的原理作了系统的阐述。俄国十月革命后,景观学逐渐成为苏联自然地理学的主要研究方向。这一学派侧重于研究地表局部(地域)的地方性地理特征,其主要观点是:

- 景观是各自然要素有规律结合所形成的具有独特特性的地段;
- 景观是自然带的组成部分,而自然带是同一类型景观分布占优势的地域,亦即景观带;
- 景观是自然地理学的研究对象。

需要指出,Берг等学者最初提出的景观概念等同于自然综合体,没有分级的含义。景观学派过分强调地表局部的规律性,甚至认为景观学就是自然地理学,因此忽视了地球表面客观存在的一般规律性的研究。景观学派的这一缺陷,恰好由普通自然地理学派的研究所弥补。

(2) 普通自然地理学派

在景观学发展的同时,俄国少数地理学家侧重于研究地表的整体结构及其发展变化的一

般地理规律,并形成了普通自然地理学(General Physical Geography)学派。学派的代表人物是 Броунов,他在《自然地理学教程》(1947 版)中提出:

- 自然地理学研究地球现在的面貌,即作为生物活动场所的地球表壳;
- 地球表壳由四大圈层组成,并在很大程度上相互渗透,并通过相互作用决定地球的外貌;
- 研究各圈层的相互作用是自然地理学的最重要的任务之一。该项任务使自然地理学在相邻学科中取得完全独立的地位。

Броунов 的见解十分接近综合自然地理学本质的理解,也正是普通自然地理学对自然地理学的重大贡献。但正如景观派轻视地表一般地理规律一样,普通自然地理学派则轻视了对地方性、区域的自然地理规律性研究。但排除两者的片面性,各自正确性的一面共同构成了综合自然地理学的基本理论。这两大学派都对综合自然地理学的形成作出了杰出的理论贡献。

(四) 现代综合自然地理学的发展

第二次世界大战以后,综合自然地理学继承了以前有益的理论,建立了现代研究方法,步入了现代科学领域。应该指出,许多部门自然地理学家对综合自然地理学的发展也起了很大的作用。如气候学家 Будыко(布迪科)在《地表面热量平衡》(1959 版)中,注重从细节方面研究总的联系,把热量平衡作为自然地理过程的动力因子来看待,这对地球表层所有自然地理过程综合的因果规律具有重大意义,提出了地球表层范围内能量转换的基本原理。土壤学家、地球化学家 Перелман(彼列尔曼)在《景观地球化学概论》(1955 版)中,发展了土壤化学家 Полынов(波雷诺夫)建立的景观地球化学的思想,从化学元素迁移角度来识别和划分单元景观,阐明了存在于地球表层中大气、水、岩石、土壤和有机体之间的联系,为综合自然地理学研究自然地理过程提供了地球化学的基本原理。

Исаченко 在《自然地理学原理》(1965 版)中,对地球表层的结构规律、景观学说、地域分异规律和综合自然区划都进行了理论性的概括,可以说是 20 世纪 60 年代以前综合自然地理学研究的总结。60 年代以来,苏联、美国、英国、加拿大、澳大利亚、荷兰、日本等国,大力开展土地资源的综合研究以及有关生态环境和环境质量评价的专题研究,这些实践性、区域性、综合性较强的研究,有力地促使综合自然地理学的研究领域进一步拓宽,内容进一步深化。与此同时,综合自然地理学的理论也有新的发展。尤其是 20 世纪 40 年代兴起的系统论、控制论和信息论,及 70 年代兴起的耗散结构理论、协同论和突变论,为研究自然地理综合体提供了新的思路和方法。最具有代表性的是地理系统学说的兴起。

1963 年,Сочава(索恰瓦)院士提出了"地理系统"的概念术语,并被国际地理学界广泛接受。他在 1978 年版的《地理系统学说导论》中指出,"地理系统"为"从地理壳到单元结构所划分的全部自然地理单位的等级序列"。这一学说,可以说是应用一般系统论的观点方法,汲取了生态学的有关理论,继承和发展了景观学说。在理论方面,强调研究地理系统与生态系统的关系,地理系统的空间关系和动态变化,人类对于地理系统的影响作用和后果,人类控制和改造自然地理系统的可行途径,以及如何实现"人类与自然的共同创造"。另外,英国学者 Bennett(贝耐特)和 Chorley(乔莱, 1927～)在其合著的《环境系统》(1981 版)中,把自然生态系统和社会经济系统的相互作用作为专题研究,提出了"环境共生"的论点,与 Сочава 的论点基本相同。《地理系统学说导论》和《环境系统》两书,虽然对系统的划分意见不同,但他们都

汲取了生态学的有关理论，重视系统分析(system analysis)和系统综合(system synthesis)，对控制论给予极大关注，对综合自然地理学理论体系的充实和发展，无疑起到了积极的促进作用。

1957～1959年期间，Исаченко应邀来中国北京大学和中山大学讲授“自然地理学原理”，以景观学和自然区划为主要内容，系统介绍了综合自然地理学的理论和方法，培训了一批综合自然地理工作者，为建立中国的综合自然地理学作了一些准备。此后，他的讲稿由李世芬译成中文，1965年由高等教育出版社以《自然地理学原理》为书名正式出版，对中国综合自然地理学的发展产生了一定影响。

此后不久，中国科学院黄秉维院士发表了《自然地理学一些最主要趋势》(《地理学报》，1960,26卷3期)，指出了五大发展趋势：

(1) 掌握在物理学、化学和生物学中已证明的规律，根据它们来观察自然地理学的对象，研究它们的发生、发展和地域分异从而来健全自然地理学的理论基础。

(2) 综合研究，研究各对象之间及与周围现象间的联系，包括现代过程的研究、历史因素的研究及进一步发展的研究。

(3) 吸收化学、物理学、数学知识来建立观测、分析、实验技术。

(4) 以前述理论为依据，研究和预测自然过程的方向、速度和范围，指出利用与改造自然的最有效途径。

(5) 用遥感手段来加速考察进度和提高精度。

黄秉维认为：“综合研究是自然地理学最主要的方向，同时也是带动部门自然地理学最有效的途径”，“综合研究有两个互相联系、互相补充的方向，一是现代过程的研究，二是历史形成的研究，两方面都不能偏废，但目前重点放在现代过程研究上”。关于地理环境中现代过程的综合研究，黄秉维院士认为有三方面：

- 地表热量水分的分布、转化及其在地理环境中的作用研究。
- 化学元素在地理环境中迁移过程的研究(地球化学景观或化学地理)。
- 生物群落与其环境间物质、能量交换的研究(生物地理群落学)。

20世纪80年代以来，中国对综合自然地理学的研究最明显的特点是把地球表层及其各级自然地理单元作为不同层次的“系统”进行研究，而且从剖析地表物质循环和能量转化入手，深刻揭示各种自然地理现象的发生原因和变化机制，并预测其发展趋势。牛文元院士在其著作《自然地理新论》(1981)中，对“系统分析法”作了较为详细的论述。1983年，浦汉昕在“地球表层的系统与进化”中，用系统论和耗散结构理论阐述了地球表层的结构、功能与演变规律。同年，钱学森的“保护环境的工程技术——环境系统工程”论文，进一步论述了地球表层的特性，并以不同尺度把地球表层分为4个结构层次，同时还提出了创立“地球表层学”的建议。1986年，中国科学院地理研究所开展了地表能量转化和物质迁移的研究，如土壤-植被-大气系统(Soil-Plant-Atmosphere Continue System，简称SPAC)研究，主要特点在于：空间尺度上侧重中小尺度，时间上侧重现代自然地理过程，方法上采用动态分析。显然，这意味着综合自然地理学的基础理论研究又有了新的进展。

1997年，美国国家研究院地学、环境与资源委员会地球科学与资源局联合出版的《重新发现地理学》(Rediscovering Geography New Relevance for Science and Society)指出了地理学的视角，“用许多方法进行空间表述”、“常常进行环境动态研究”、“着重于现实中现象和过程

间的关系和相互依赖性”，说明了地理学研究强调地表过程、强调机理、强调交叉与综合的趋势。

另外，随着由全球变化引起的全球环境问题的产生，20 世纪 80 年代以来全球变化(global change)研究以各种不同的方式，从不同的学科角度进行了大量的研究工作，逐步形成了以研究全球环境变化为对象的一门新兴科学——全球变化科学(Global Change Science)。全球变化科学以国际地圈与生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Programme，简称IGBP)、全球环境变化人文计划(International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change，简称 IHDP)等为支撑，以地球系统为对象，将大气圈、水圈、岩石圈和生物圈(包括人类)作为一个整体，探讨由一系列相互作用过程联系起来的、复杂的、非线性的多重耦合系统(地球系统)的运行机制。IGBP 和 IHDP 都分别设立一些研究计划来从事全球变化研究，其中“土地利用/覆被变化”(Land Use and Land Cover Change，简称 LUCC)计划为 IGBP 和 IHDP 共同设立，是由自然地理学家倡议和领导的，其目标是更清楚地认识地方、区域和全球尺度上的土地利用和土地覆被变化状况和过程，认识这些过程中的自然和人文驱动力，揭示 LUCC 的生态环境效应，需求实现持续土地利用的途径。“土地变化科学”(Land Change Science，简称 LCS)典型地反映了自然科学和社会科学的综合趋势，也成为综合自然地理学目前研究的热点问题。

(五) 中国综合自然地理学的研究工作

建国以后，中国综合自然地理学研究主要进行了以下的工作：

(1) 区域地理综合考察

建国初期，为适应经济建设开展了大范围的区域综合开发和区域规划工作。从 1951 年开始，首先对西藏地区进行了地理综合考察，这是建国后第一次规模巨大的综合自然地理科研实践活动。1952～1959 年间涉及各种自然资源的大规模综合考察项目有：青藏高原自然资源考察与自然条件垂直地带性分异研究，西北地区高山冰雪资源及其开发利用的调查研究，西北防风固沙定位观测实验与治理沙漠措施研究，黑龙江流域和海南岛的土地资源调查，黄河中游水土流失研究，黄、淮、海平原自然条件的综合调查与土壤改良利用研究，华南热带生物资源的综合调查与研究等。

(2) 自然地理区划

在综合考察的基础上，自然区划工作进一步发展。全国先后出现了一系列的区划方案：1954 年，北京大学林超教授根据高等院校地理系教学需要，将全国分为四大“部分”(北方、南方、西北、西南)、10 个“大地区”、31 个“地区”、105 个“亚地区”。中华地理志编辑部罗开富教授将全国首先划分为东、西两大半壁，然后依次分为 7 个“基本区”和 23 个“副区”，也于 1954 年完成。1958 年，在部门自然区划的基础上，黄秉维将全国分为三大自然区(东部季风区、蒙新高原区、青藏高原区)，6 个热量带(赤道带、热带、亚热带、暖温带、湿带、寒温带)、18 个自然地区和亚地区、28 个自然地带和亚地带、90 个自然省，创造性地采用了一系列定量化的区划指标，层次清楚，系统性强，具有重要的农业生产实践意义。1961 年，任美锷教授根据自然地域差异的主要矛盾以及利用和改造自然的不同方向，将全国分为 8 个自然区、23 个自然地区和 65 个自然省。1963 年，侯学煜按热量将全国划为 6 个带、1 个区(温带、暖温带、半亚热带、亚热带、半热带、热带及青藏高原区)；根据水热条件，又将全国划为 29 个自然区。

（3）土地类型研究

随着综合自然区划工作的深入发展，对于小区域、小尺度的自然地理综合分析研究在精确化、实用性方面提出了更高的要求。在总结国内外综合自然地理学研究工作经验的基础上，汲取了苏联景观学方法论的精髓和英、澳等国关于土地综合研究的方法，在全国广泛展开了土地资源普查和小区域土地质量评价的研究，研究的主要方面：一是把“土地”作为自然综合体进行分析研究，划分土地类型，编制大比例尺的土地类型图，并对各类土地的质量进行对比分析评价；二是把“土地”作为重要的自然资源进行分析研究，结合生产利用的需要和可能性，划分土地适宜性和质量等，并对各级土地进行经济评价。两方面的工作，进一步充实了综合自然地理学的内容。另外，中国还进行了大、中、小比例尺的土地系列制图研究，并且利用遥感（RS）、地理信息系统（GIS）和全球定位系统（GPS）手段来收集、分析资料，进行土地制图工作。

1.4 综合自然地理学的任务及实践意义

（一）综合自然地理学的任务

前已述及，综合自然地理学着重研究自然地理环境的综合特征，具体而言，本学科的任务主要有下列几方面：

（1）研究自然地理要素的相互关系，彼此之间的本质联系和作用效应。

（2）研究自然地理环境的动态，从整体上阐明它的变化发展规律，预测其演替趋势。

（3）研究自然地理环境的空间分异规律，划分不同等级的自然综合体。

（4）研究自然综合体的特征及其开发利用方向，自然条件和自然资源评价，为因地制宜地利用和改造自然服务。

（5）揭示人类与自然地理环境的关系，阐明人类与自然地理环境协调发展的正确途径。

（二）综合自然地理学的实践意义

现代地理学不仅注重理论探讨，也重视实际应用。把综合自然地理学的理论应用于实践，为经济建设和社会发展服务，是其发展的根本动力和方向。

地理环境是人类社会赖以生存、生活和生产的环境。科学技术越发展，社会和环境的关系越复杂，对环境的利用和改造也越需要综合、全面的考虑。农业区划、工业布局、交通建设、环境保护、城市规划、旅游等多方面都与综合自然地理学有关，但主要还是自然资源和条件评价、人类影响环境所引起的变化预测、环境的合理地域组织以及区域经济结构的优选等。

归纳起来，主要有以下几方面：

（1）区域的研究

开展区域研究是综合自然地理学理论联系实际，为建设服务的重要衔接环节之一。这方面的研究主要包括区域的综合开发、区域规划、区域发展战略的制订等，总体目标是因地制宜，合理利用自然资源。在新技术、新方法、新理论的武装下必将会取得更大成果。

（2）环境问题的研究

目前环境问题已经成为举世瞩目的问题，综合自然地理学研究环境问题，就是用系统论的观点研究遭到破坏（自然原因、火山、地震等）和恶化（人为原因、滥垦、排污）的自然环境的变化

趋势，以及如何有效地改善和调控，使之达到最优状态，并能稳定保持下去。

(3) 企业选址的研究

工程人员在选址时，可能仅仅考虑地基承载力和水的问题，但综合自然地理学家看来，从自然条件到经济条件，如地基承载力、水源、地下水、环境保护、经济区位、地震等都在考虑之列，因而使其选择具有更大的优越性。

(4) 地理预测的研究

地理学的发展业已由记述到解释，进而向着预测阶段推进。现在不少国家，在进行大规模的工程项目之前，都要求事先进行地理预测研究，分析和预测其可能造成的环境变化，如中国"南水北调"工程、"三峡工程"等。目前，地理预测的研究逐渐呈现出"模式化"的趋向，也就是对地理过程和现象模拟，判断其发生的时间、演化的序列、过程的强度和结果。

总之，以自然结构为基础，开展区域开发研究是综合自然地理学的应用方向。

复习思考题

1.1 如何理解综合自然地理学的研究对象？

1.2 自然地理环境的主要特征是什么？

1.3 综合自然地理学与部门自然地理学的主要区别是什么？

1.4 论述综合自然地理学的学科特点。

1.5 试述综合自然地理学在地理学科体系中的地位。

1.6 综合自然地理学综合-分化-综合的发展过程说明了什么？

第 2 章　自然地理环境的整体性

自然地理环境是由许多要素如地貌、气候、水文、植被、动物以及土壤等组成的。但这些要素并不是简单汇集在一起，而是在相互制约、相互联系的情况下形成了一个特殊的自然综合体或自然地理系统，而各要素也不是孤立存在和发展的，而是作为自然地理系统这一整体的一部分发展变化的。

系统论是 20 世纪 20 年代奥地利生物学家 Ludeig von Bertalanffy(路德维希·冯·贝塔朗菲，1901～1972)创立的。系统是物质存在的普遍方式和属性。整个物质世界，大至宇宙天体，小至分子、原子、核子，都是以系统的方式存在，并处于整体系统的联系之中。自然地理环境作为一个复杂的物质体系也不能例外，属于一个系统，具有系统的所有特点。因此，从系统的观点研究自然地理环境，应该遵循系统方法论的基本原则：

(1) 整体性原则

整体性是系统论的基本观点，它是指系统是由组成部分构成的整体，整体与部分相互依存、相互制约，任何单独部分都不具备作为整体的结构和功能。部分的孤立作用与它作为系统的组成在总体中所起的协调作用有着本质的区别，“整体大于部分之和”，作为整体，系统具有各个组成部分所不具备的新性质、新功能。整体性原则要求把系统作为整体来研究，着重研究组成系统各部分之间的相互作用，揭示系统的整体结构和整体功能。

(2) 综合性原则

要求对任一系统的研究必须从它的组成、结构、功能、相互联系方式、历史发展等诸方面进行综合地、系统地考察。从方法上讲，综合是相对分析而言的。分析是基于简化的观点，即把一个整体分解为各个部分分别加以研究。综合是基于系统的观点，从整体出发，将各部分联系起来全面地加以研究。即由总体到局部，由概括到更深入的思维过程。所以，综合与分析是统一的。系统方法以综合为基础，在综合的过程中把分析有机地结合起来，从综合出发，在综合基础上进行分析，再回到综合。

(3) 层次性原则

系统论把整个客观世界看做一个结构有序的、多层次等级结构的统一体。层次性原则要求把每一个认识对象皆视为一个系统，它包括若干个层次结构，每一层次结构又由若干要素组成；每一认识对象都自成系统，当认识范围扩大时，原来的系统在更大规模的系统中又成了要素或子系统。

(4) 功能结构原则

系统的结构是内部各要素之间的空间和时间相互联系的方式和秩序，是系统保持整体性、具有一定功能的内在根据，是一个系统区别于另一个系统的根本标志。功能是系统与外部环境之间实现物质、能量和信息交换的能力，是系统结构的外在表现。所以结构是内部各要素相互作用的秩序，是系统的内部描述，而功能是对外界作用过程的秩序，是对系统的外部描述。据此，功能结构原则强调，系统一定的结构相应一定的功能，结构不同，即便有相同的组成要素，也会导致系统性质的改变和整体功能的改变。

(5) 动态性原则

系统之所以是一种动态系统,系出于其运动和变化发展之中。系统具有稳定性的一面,这是系统存在的根本条件;另一方面,系统又是动态的,即其状态随时间而发生变化。随着时间的推移,系统的结构和功能会发生变化,达到一定程度就会导致旧系统的瓦解和新系统的产生。因此,系统分析必须考虑时间因子,考虑系统的动态变化。

以上关于系统研究的原则,不仅有助于我们认识自然地理环境的组成和结构,而且有助于我们运用系统理论分析自然地理环境的基本规律。基于系统论的思想,自然地理环境作为一个复杂的物质体系,可作为一个系统——自然地理系统来加以研究。根据地球表层内部组成结构的特性、空间分布的规律性,及随时间的动态变化性,近代自然地理学曾经总结出一条重要的基本原理——地球表层的整体性,为我们认识自然地理环境提供了正确的途径。

2.1 自然地理环境整体性认识的发展

关于自然地理环境整体性的思想,经历了3个发展阶段:自然综合体学说阶段,从自然地理要素具有相互联系来认识整体性;地理系统学说阶段,从地理环境的结构和功能来认识整体性;耗散结构理论阶段,从地理环境是一个非平衡有序开放系统的角度来认识整体性。

(一) 自然综合体——内在联系的整体性

按照传统的观点,所谓整体性,就是指自然地理综合体各组成要素和各组成部分之间的内在联系,它们相互联系、相互制约并组成一个整体,一个要素会影响其他的要素,一个部分会影响其他的部分。

关于自然地理环境的整体性观念,已有相当悠久的历史。著名地理学史家Dickinson(迪金森)曾指出,自然地理学家必须以"一系列相互联系和相互转化的运动形式"作为研究对象,意味着对自然地理环境的认识就是一个整体。对这个整体的名称,运用最广泛的是自然综合体和自然地理系统。

自然综合体的思想在17世纪就已萌芽。Varenius对当时已积累的有关地球知识进行综合,Humboldt通过对自然现象之间因果关系的揭示,提出了地球是一个不可分割的、有机的、各部分相互依存的整体的思想,在其巨著《宇宙》中明确指出"自然地理学的最终目的是认识多种多样的统一,研究地球各种现象的一般规律和内部联系"。其后,Докуцаев也预言了将会产生一门研究各自然现象要素相互联系的科学。

俄国十月革命后,从自然界整体观念出发组织的综合考察,大大推动了自然综合体的研究;另一方面,辩证唯物主义哲学思想也有力地促进了自然综合体思想的成长。Калесник就提出:"地理学的重点不在于尽量吸收其他科学的材料,而是用地理学的方法去处理这些材料,即按照新的方式以独特的观点来取材和分类。我们的注意所在不是事实本身,而是阐明事实之间各方面的联系,揭示整个地球空间中地理过程复杂总体的结构。"(1947)。著名苏联地理学家Берг、Григольев、Калесник、Исаченко等吸收前人的理论,发展了自然综合体的思想,并建立了严格的地理体系。

20世纪60年代以来,自然综合体的研究逐渐走向精确化阶段,表现在:

(1) 以定量观测分析代替定性描述;

(2) 以模拟实验补充野外观察；

(3) 以数学模型探索复杂的自然地理过程并进行预测。

这些进展，在自然区划和土地科学研究中，地理环境的水热平衡研究中，生物圈与生态系统研究中都有反映。尤其重要的是反映在自然综合体的系统研究中。系统研究的加强，使自然地理规律的表达逐步趋向模式化；在自然地理过程的动态模拟、自然综合体演化趋势预测、自然地理和景观理论的检验和完善等方面获得了新的成就，并成为现代自然地理学的主流。

(二) 自然地理系统——结构和功能的整体性

系统理论认为，整体性是系统的基本特征，整体性是指系统由各组成部分相互作用形成的，而单独各部分又不具备的统一的结构、功能和效应。

1963年，Сочава在自然综合体概念的基础上进一步提出了地理系统的概念，指出所谓自然地理系统，是指各自然地理要素通过能量流、物质流和信息流的作用结合而成的具有一定结构、可完成一定功能的整体。要素之间和要素与环境之间不断进行物质、能量和信息的交换和传输，形成一个动态的、多等级的开放系统。自然地理系统的结构应从空间结构和时间结构两方面来考虑，空间结构是时间上稳定的地理综合体各组成要素的分布格局；时间结构是维持着空间结构的地理综合体在状态上的一系列变化的结局(1976)。

Калесник认为，自然地理结构是指各要素之间相互作用和相互联系的性质。Исаченко则认为自然地理系统是："在空间分布上相互联系，并作为整体的部分发展变化的各地理组成成分相互制约的动态系统"(1979)。把自然地理结构定义为：建立在景观组成部分之间内在联系的动态系统基础上的空间-时间组织。

显然，结构的概念同系统、组织、功能等概念是密切相连的。通俗地讲，结构是物质流和能量流进行运转的渠道，是建立各单元或子系统之间的骨架，各种联系总是通过系统的结构得到体现。系统的结构和功能是相互联系、不可分割的两个方面。研究整体性，既要强调着眼于整体功能，认识其综合效应，又要回答功能是怎样由结构决定的，以及系统如何随结构、功能的变化发生变化。

自然地理系统的整体性，就是地球表层的物质系统的整体性结构和由此产生的整体功能及其时间演化的规律性。整体性的强弱取决于各组分间结构的完备性和功能的协调性。整体性强的表现为组分复杂多样，结构精巧，各组分的性能可充分发挥，物质流和能量流通畅，流量大，输入、输出和储存间的比例恰当，抗干扰能力强，稳定性好，生产效率高且质量好。相反，则表现为组分和结构简单，功能不协调，如水土流失严重的地区。

因此，自然地理环境的整体性，就是其整体性结构和由此产生的整体功能及其时间演化的规律性。

(三) 耗散结构理论——非平衡有序系统的整体性

20世纪70年代兴起的耗散结构理论被成功地运用到自然地理环境的综合研究中。耗散结构理论(dissipative structure)是由比利时布鲁塞尔学派的领导人Progogine(普利高津，1917～2003)1969年在一次理论物理和生物学的国际会议上发表的论文《结构、耗散和生命》中提出的。其着眼于系统与外界环境的相互联系、相互作用上，研究对象是开放系统。Progogine由于对非平衡热力学的贡献，尤其是他因耗散结构研究而荣获1977年诺贝尔化学奖。

另外，Progogine 还提出了远离平衡态系统中不可逆过程的理论。

所谓耗散结构，即一个远离平衡的开放系统，只要通过不断与外界交换物质与能量，在外界条件的变化达到一定的阈值时，可能从原有的混沌无序状态，转变为一种在时间上、空间上或功能上的有序状态。这种在远离平衡情况下形成的新的有序结构，依靠不断地耗散外界的物质和能量来维持，故称耗散结构。

耗散结构理论的研究对象是开放系统，其应用于自然地理环境的综合研究中认为，地理系统是一个远离平衡态的开放系统，要素之间存在着非线性关系，它通过与外界不断交换物质与能量，有可能在一定条件下形成新的稳定的有序结构，即地理耗散结构。地理耗散结构具有一定的抵抗外界干扰的能力，可吸收外界环境的一般性涨落，其结构水平愈高，涨落回归能力即保持系统稳定性的能力愈强。但在发生巨涨落时，这一结构将崩溃或解体，并逐步形成新的耗散结构形式。

2.2 自然地理环境的组成

自然地理环境是一个庞大的物质体系，其组成包括三部分：自然地理环境的各种物质；自然地理环境的各种能量；在能量支配下物质运动所构成的各种动态体系，即自然地理要素。

(一) 自然地理环境的物质组成

关于物质组成，可以从几个层次进行讨论。最基本的层次是化学元素组成，大气、水、岩石和生物的化学元素组成都已做过精确的研究。例如，我们已经知道大气中 N(78.09%)、O(20.95%)、Ar(0.93%)、CO_2(0.03%)和其他许多元素的准确含量，也已经熟悉各种水体的化学组成，仅 H 和 O 即占 96.5%，此外还有若干常量元素和微量元素，对于岩石圈的化学组成，O 和 Si 之和超过 74%，Al、Fe、Ca、Na、K、Mg 六种元素共占 24%，其余所有元素只占 2%。

但对于组织水平很高的自然地理环境，人们更多注意的不是其化学元素，也不是一般的化合物、盐类等物质，而是层次更高的各种物质体系，即就是以气体物质为主的大气圈，以液态水为主的水圈，以固体岩石为主的岩石圈，以生物有机体为主的生物圈，通常情况下所说的自然地理环境的组成成分是指：大气对流圈(troposphere)、水圈(hydrosphere)、沉积岩石圈(lithosphere)和生物圈(biosphere)(图 2.1)。

(1) 对流圈

大气圈底部对流运动最显著的圈层，主要由气态混合物组成，集中了整个大气质量的 3/4 和几乎全部水汽。它的下界是海陆表面，上界随纬度、季节等不同而不同，平均在 10～12 km，特点是对流作用强烈，温度随高度增加而降低。对流层之上的平流层(其中的臭氧层)、中间层、电离层和散逸层，尽管不属于自然地理环境，但几乎每一层都对自然地理环境有着重要意义。

(2) 水圈

地球表层水体的总称，由世界大洋、河流、湖泊、冰川、沼泽、地下水等组成。主要为液态，但含有多种可溶性盐类、有机体、溶解气体。水是地球表面分布最广和最重要的物质，是参与自然地理环境物质能量转化的重要因素。水分循环可调节气候、净化大气；水溶解岩石中的固体为满足生物需要创造前提。

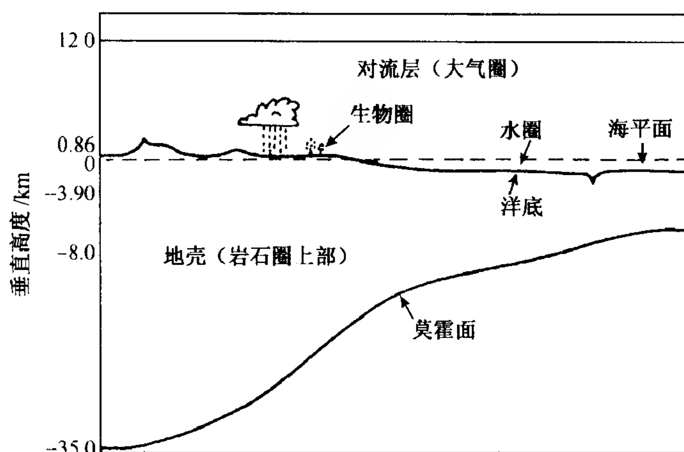


图 2.1 自然地理环境的物质组成

(3) 沉积岩石圈

岩石圈的表层、厚度平均约有 5 km，它的上面往往覆盖着一层风化壳及土壤(达几十米)，太阳辐射进入只能达数十米深。整个岩石圈经常处于运动状态，如地震、火山、升降运动、水平运动等，造成等级不同的地貌形态。岩石圈表面的陆地部分是人类和陆生生物的栖息场所，低洼处成为海洋、湖塘的聚集场所。岩石风化物质提供了成土母质，满足植物对矿质养分的需要等。

(4) 生物圈

地球表层生命有机体及其生活领域的总称，其范围与自然地理环境十分近似，包括植物、动物和微生物三大类。地球生物的活动和影响范围虽然包括了对流层、水圈和沉积岩石圈，但主要集中在这 3 个无机圈层很薄的接触带中，也就是地球上下约 100m 厚的范围。生物有机体参与各种地理过程的形成和发展，作为自然景观的组成成分并常常成为景观最突出的特征。

(二) 自然地理环境的能量组成

自然地理环境的能量主要包括太阳辐射、地球内能以及潮汐能等。其中以太阳辐射和地球内能(地热能及重力能)最为主要，它们共同支配着自然地理环境内部的物质运动。这些能量均来自自然地理环境外部，成为影响自然地理环境的外部因素。

1. 太阳辐射能

(1) 太阳辐射

太阳可视为理想的辐射体(黑体)，其表面温度高达 6000 K，不断地向宇宙空间辐射巨额能量。太阳的能量来自其内部的热核反应。当太阳内部的原子聚合时，原子质量转化为电磁场，便以电磁波的形式释放出能量来。输入地球的太阳能大部分被自然地理环境所得。

如果把到达地球大气外界的太阳辐射视为 100 个单位，约有 31%的太阳辐射因地球的反射(云层反射、散射、地面反射)而折回宇宙空间，4%为平流层所吸收，其余 65%则为自然地理环境的各组成成分吸收、流通、转化，成为自然地理过程的根本动力。这部分包括了直接辐射和散射辐射两部分，它们是自然过程，如大气环流过程、洋流、地表径流、绿色植物生产过程、成土过程以及外力地貌过程等等的动力学基础。

太阳短波辐射输入地球后最终以连续的长波辐射输出地球的外部空间。在全球尺度上输

入的能量等于输出的能量，两者达到平衡，符合能量守恒的普遍定律；但是在局地尺度上，输入与输出并不相等。我们把一定区域辐射能的输入和输出的差额称为辐射平衡，如下式：

$$R_g = (Q+q)(1-\sigma) - F_0$$

式中，R_g 为辐射平衡(或辐射差额)，Q 为直接辐射，q 为散射辐射，σ 为反射率，F_0 为有效辐射。辐射平衡值表示了该地太阳能的净收入。对于自然地理过程来说，辐射平衡是比太阳总辐射更为直接的动力基础。

(2) 太阳辐射能的地理分布特征

● 太阳总辐射的地理分布特征

根据 Бубыко 在《地球热量平衡》的研究，太阳总辐射分布因纬度而异，即总辐射等值线基本沿纬线延伸。总辐射自北半球回归高压带向两极逐渐减少，并且近似以赤道为轴线，在南北两半球呈对称状分布。回归高压带可达 836.8 kJ/(cm² · a)，60°纬线以上地区 251～335 kJ/(cm² · a)，相差很悬殊。同时，由于海陆热力差异影响，等值线的分布往往显著偏离纬线方向。Бубыко 的研究，正确地揭示了自然地理环境中地带性规律的能量基础。

● 辐射平衡(净辐射值)

Бубыко 研究结果表明，由于大洋反射率小于陆地，同纬度大洋辐射平衡值比陆地高 84～185 kJ/(cm² · a)，且辐射平衡等值线基本与纬线平行。陆地辐射平衡值较小且等值线常因下垫面的复杂变化而偏离纬线甚至呈闭合状。辐射平衡的地理分布具有随纬度增加而减少的变化趋势，平均在 40°处，全球辐射能的收支由低纬区域的盈余过渡到高纬区域的亏损。辐射平衡随时间有明显的日变化和年变化的节律周期。

(3) 辐射平衡 R 的应用——自然地理过程的动力因素

● 作为划分地表热量带的指标

目前，R 已经普遍地被用作划分地表热量带的指标(表 2.1)。

表 2.1 划分地表热量带的指标*

$\frac{R}{\text{kcal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})}$	<20	20～35	35～50	50～75	>75
热量带	寒带	亚寒带	温带	亚热带	热带

* 1 cal=4.1868 J。

● 确定干燥指数(A)

Бубыко 根据 Григолъев 的意见，认为辐射平衡与降水的关系，对于主要的自然地理过程的发展和强度来说具有确定的意义。如下式：

$$A = \frac{R}{Lr}$$

式中，A 为干燥指数(aridity index)，R 为辐射平衡，L 为蒸发潜热，r 为降水量。

干燥指数 A 可视为辐射平衡值与蒸发年降水量消耗热量之比，或蒸发力 R/L 与降水量 r 之比。

干旱区，降水量极少，A 趋向极大，过湿区辐射热主要消耗于蒸发。A 不等于 1，都表明热量水分不均衡。只有 $A \approx 1$ 时，辐射热状况与蒸发过程、土壤充气过程都配合很好时，各种生物发展的条件才最佳。干燥指数与各自然带的对应关系如表 2.2 所示。

表 2.2　干燥指数与各自然带的关系

A	<0.35	0.35～1.1	1.1～2.3	2.3～3.4	>3.4
景观带	苔原	森林	草原	半荒漠	荒漠

另外，Григолъев 和 Бубыко 把辐射平衡与干燥指数结合起来，发现了全球水平地带的分布规律和地理地带周期律(the periodic law of geographical zonality，表 4.3)。

2. 地球内能

从自然地理学的观点来看，具有显著意义的内能应包括地热(terrestrial heat)和重力。

(1) 地热

地热是地球内部的热能，它是地球组成物质中各放射性元素核反应所释出能量，以热的形式储存于地球内部。热传导的结果，一部分地热通过地球表面向外发散，使得地表每年每平方厘米得到 167～210 J 来自地球内部的热量。平均而论，这样的数值微不足道，但地热田是地热对地表集中作用的地区，地热使地下水变成热水或蒸汽，然后沿断层或裂隙上升到地表，形成特殊的自然景观。地热更重要的作用是在地质时代，通过地球内部的构造运动，显著地改变地表的海陆分布，从而影响气候的形成、大气环流、河流发育、生物演化等。在地理环境的发展史中，地热能曾经占据相当重要的地位，并与太阳能一起构成主要能源。在地球形成之初，即距今约 50 亿年前，地球内部核转变能达 4.184×10^{24} J/a，45 亿年前，尚有 4.184×10^{22} J/a，而 19～26 亿年前，减为 4.184×10^{21} J/a，这一巨大能量，对原始地理环境的形成曾经起过重要作用。

(2) 重力

重力是地心引力和地球自转惯性离心力的合力，它使地球上的物质无一例外地被引向地表，总是力图使被作用的物体处于相对稳定的平衡状态。在重力的作用下，组成地球的物质按照密度的大小，从地心向外呈有序的同心圆状排列(包括大气圈、水圈和岩石圈)。据计算，海平面以上大陆部分有 2.8×10^{24} J 的位能，相当于每年输入地球的太阳能的一半，这是靠构造运动和太阳辐射转化而来的能量。在固体物质位移中会转化成动能，在降水、河流、洋流及空气流动情况下转变成机械能。

3. 潮汐能

潮汐能(tidal energy)是在月球和太阳的引潮力作用下产生的。在引潮力的作用下，地球便发生了潮汐变形，这种周期性的变形出现在海洋上叫海洋潮汐，出现在大气层的叫大气潮汐，出现在陆地上的叫固体潮汐。海洋潮汐蕴含了巨大的能量，成为海岸和河口地貌发育的外营力之一，也是一种有待开发、潜力巨大的能源。另外，海洋潮汐对生物的进化及地球自转速度的降低有重要的意义。大气潮汐的潮差很大，对一些天气现象有重要影响，如会使大气压力发生规律性的变化，有助于降水、台风、飓风的形成。固体潮汐的潮差可达 30～50 cm，引潮力周期性地改变着地球的形状，使地球的重心发生周期性的摆动，地表各处的重力差异也忽大忽小，破坏了地壳运动的平衡，进而有可能促使某些地区地震的发生。

此外，自然地理环境的能量还有宇宙射线，但其能量仅有到达地表的太阳辐射能的 10^{-8}(1 亿分之一)。据计算，每年进入地理环境的太阳辐射能约为 552.6×10^{22} J，虽然只占太阳辐射能的1/20 亿，但却占地理环境能量收入的 99.98%，而地球内能、潮汐能、宇宙射线总计仅占 0.02%。因此，太阳辐射能是最主要的能量基础，是地球上一切生物现象和非生物现象产生的能量基础。

(三) 自然地理环境的组成要素

自然地理环境物质组成包括了三个无机组成成分和一个有机组成成分，各成分在能量驱动下发生动态变化，使自然地理环境形成各种成因和形态的地貌，热量水分及其组合丰富多彩的气候，千差万别的海洋河湖水文特征，以及差别悬殊的植被、动物界和土壤等特征。地貌(physiognomy)、气候(climate)、水文(hydrology)、生物(植被、动物界)(biology)以及土壤(soil)等，均被视为自然地理环境的组成要素，要素可以是物质的，也可以是现象，但都必然是动态的。

(1) 地貌

地貌是地壳的表面形态，是转化后的太阳能以外力形式与地球内力相互作用的结果。地貌的特征、成因、分布及演变规律均受外力与内力的制约，同时与其物质基础岩石有密切的关系。因为地貌是大气、水和生物作用的场所，地表形态的差异必然引起各种自然地理过程和现象的变化。

(2) 气候

气候是大气平均状态和极端状态的多年天气的综合表现。太阳辐射、下垫面性质、大气环流、人类活动因子是气候形成的重要因子。气候是最重要的自然地理要素之一，大气蕴含着最终来自太阳的热能，它的物理过程首先支配着地表的热量平衡，同时支配着海陆间的水分循环，从而影响了生物分布和陆地水文网的分布，以及它们的动态，风化壳和土壤的形成，受大气过程各种作用的影响。大气过程还是各种地貌的外营力。

(3) 水文

水文指地理环境中各种水体的形成、时空运动、变化规律以及地理分布规律，陆地水文以河流为重要研究对象，兼及湖泊、沼泽、冰川、地下水。它们的水文现象、水文过程及地理功能，对自然地理环境各要素的相互联系经常起纽带的作用。海洋水文特征及其与大气的能量和物质交换影响全球气候。如水与大气相联系，决定着水热的配置，地球重力赋予水一定的功能，使之对地表形态有塑造作用，水还滋养着整个生物界，没有水就没有生命。因此，水文是自然地理环境的重要组成要素。

(4) 生物

非原始地球所固有，但自出现以来，其特殊作用是不可替代的。首先，绿色植物通过光合作用将自然地理环境中的无机物合成为有机物，同时又把太阳能转化为化学能储存于有机物中。它们还通过食物链的联系，改造着周围环境，其作用表现在：改变大气圈水圈的组成，参与风化作用、土壤形成、地貌改造、岩石和非金属矿产的建造等。人类作为生物的特殊部分，既有自然属性的一面，又有社会属性的一面，因此，在自然地理环境组成中，人类起着十分特殊的作用。

(5) 土壤

土壤是自然地理环境中各要素相互作用下形成的派生要素，以不完全连续的状态存在于地球表层四个圈层紧密交接的地带。它是有机界和无机界相互联系的纽带，自然土壤中生长发育的绿色植物以其光合作用改造了地理环境，创造和积累了大量有机物质，农业土壤则保证了作物的收成，对人类文明有不可磨灭的功绩。

总之，自然地理环境的各种物质成分在以太阳能和地球内能为主的各种能量作用下，形成了各种自然地理组成要素。每一组成要素都按着自身的规律存在和发展着，但没有一个要素

是孤立的，都会受到其他要素的影响和给予其他要素的影响。因此，正是这种以物质交换和能量转化为特征的各要素相互联系、相互作用，使自然地理环境成为一个统一的整体。

2.3 自然地理环境中的能量循环和转换

自然地理环境各组成成分之间，以及各自然综合体之间的相互联系、相互作用是通过物质循环(matter cycle)和能量转换(energy transformation)来实现的。从系统论的角度看，这就是系统的功能。由于它们的存在，才可能把各种组成成分融合为自然综合体，以及把一定等级的不同综合体融合为高一级的自然综合体，从而决定了自然地理环境的整体性，使自然地理环境成为地球上一个相对独立的物质系统。因此，自然地理环境的能量转换过程和物质循环的总和称为整体功能，这也是整体性研究的核心。

自然地理环境中各种能量因素之间发生着复杂的转化过程。对自然地理环境来说，太阳辐射和地球内能都是外部因素，它们在地理环境中的冲突，形成了两种过程对立发展的局面。

来自地球内能的构造运动形成了原始地貌的骨架，而由剥蚀、搬运、堆积等使地表固体物质在重力作用下释放构造作用的潜能，况且构造作用力越大，释放潜能的重力也越大。重力指向地心，力图使地面夷平，并按照密度来建立地理环境中物质分布的秩序；而构造力和某些生物过程、分子过程则力图破坏这种秩序，因此，它们之间是对立的。在这一对立过程中，两种内能之间发生着转化。

太阳能，作为自然地理环境最主要的能源基础，在进入自然地理环境以后，被大气、水、地面和土壤吸收并转化为热能，在时空上进行重新分配，经过多次转化并最终返回宇宙。

(一) 太阳辐射能在无机界的转化

太阳辐射能在无机界的转化主要是指太阳能在岩石圈上层、大气圈和水圈中的交换。

(1) 地表垂直方向热力梯度

太阳辐射进入地表后，发生了一系列转化。被地球表面吸收的太阳辐射增高了陆地表面和海洋表面的温度，地表增温后必然向外以长波的方式辐射能量，大气中的 H_2O、CO_2 和 O_3 吸收长波辐射，这样，地表的热量就转送给大气。因此说，地面是大气的主要热源。接近地表处，还通过水的蒸发、热的传导来传送热量，高空，则通过湍流、涡旋把水汽和热进一步向上混合，这样，就形成了从地表向上的热力梯度。

(2) 高低纬度间热量交换

由于辐射平衡地理分布不平衡，低纬度能量过剩，而高纬度能量不足，这样就形成了经向的热力梯度，造成了经向的大气环流，使其成为大规模能量交换的推动者，也正是由于经向环流，才使低纬不致过热，高纬不致过冷。

在海洋上空形成的高、低压中心产生长久持续的风力。海水受这种风力的影响，在科氏力和大陆轮廓的影响下，形成了世界大洋洋流系统，其中从低纬到高纬的暖流把热量带到了高纬。

总之，大气和洋流的大规模运动，是太阳能由热能变成动能的结果，而大气和洋流的运动又进一步推动着热能的交换。

(3) 海陆间热量交换

由于海洋与大陆增温冷却的不同，形成了冬季大陆高压、海洋低压和夏季大陆低压、海洋

高压的海陆间周期性转换方向的热力梯度，引起了海陆环流，对海陆间的热量交换起着重要的作用。夏季温度湿润的季风登陆，将热能和水汽带到大陆，并形成降水。

在太阳能在无机界的转换中，水的蒸发起着巨大的作用。由于蒸发的汽化潜热很大，通过蒸发可将大量能量转移给大气。地球表面海洋占 71%，陆地只占 29%，因而水圈与大气圈的热量交换占有重要地位，广大水面通过蒸发途径将热量传输给大气。水圈与岩石圈之间的能量交换主要是通过大气圈气流活动来实现，当然河流在岩石圈与水圈的能量交换中也起一些作用。

太阳能在无机界的交换，使得地表、水体、大气组成一个相互影响、相互作用的能量系统。

(二) 太阳辐射能在有机界的转化

在有机界，太阳能转化为化学能。太阳能是维持所有生命系统的总能量，在植物的光合作用中被固定下来，经过草食动物及不同营养级的肉食动物的转化，太阳能被暂时保留在生物圈中。这种被绿色植物固定的太阳能，是五彩缤纷的植物界和生机勃勃的动物界活动的能源。

在太阳总辐射中，只有可见光部分(0.4～0.7 μm)，绿色植物才能利用来进行光合作用，这部分光线称为光合辐射，约占太阳总辐射的 50%。在最有利的条件下，光能利用率可提高到 5%，理论上光能利用率为 10%，但实际上很少超过 5%。由于绿色植物的叶子不能覆盖全部地面，加上叶面的反射，所以光合作用的光能利用率只有 0.1～1%，平均约为 0.5%。在光合作用过程中：



$$6CO_2 + 6H_2O + 2817.3\ J \xrightarrow{\text{光合作用}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \uparrow$$

每合成 1 mol 的碳水化合物要消耗 2817.3 J(674 cal)的能量，这些能量以化学潜能的形式储存在生物圈中。光合作用的光能利用率虽然不高，但到目前为止，人类的食物资源以及整个动物界活动的动力都是靠光合作用转化太阳能，也正是地球上被绿色植物固定的太阳能总量给生命总量规定了一个限度。

能量在有机界的转移靠食物链(food chain)和腐烂链(decompose chain)两种链条来实现的(图 2.2)。绿色植物固定的太阳能在生态系统中是通过食物关系在生物间发生转移的，食

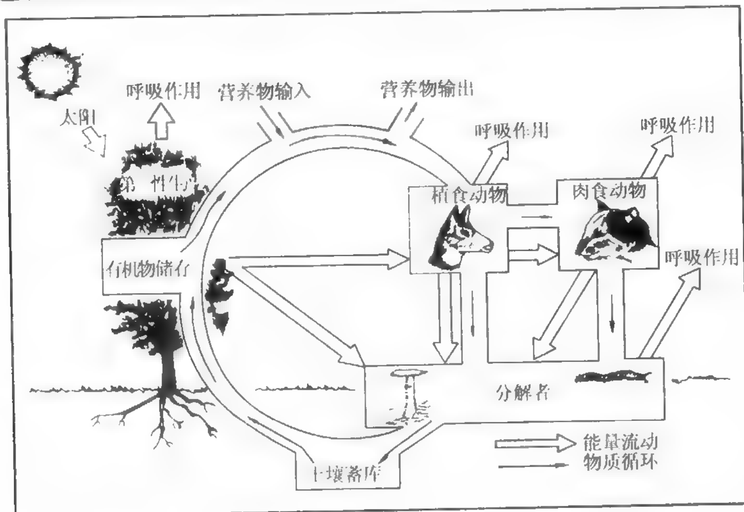


图 2.2 生态系统中的能量流动

草动物取食植物，食肉动物捕食食草动物，即植物→食草动物→食肉动物，从而实现了能量在生态系统的流动。美国耶鲁大学 Lindeman(林德曼，1885～1953)研究了靠天然生态系统固定的能量及分配到生态系统各群体中的比例关系，提出了生态学中的所谓“十分之一定律”(10 Percent Rule)，也叫“林德曼效率”，就是能量金字塔。以绿色植物为基础，以食草动物开始，能量逐级转移、耗散，最终全部散失到环境中，有人把由这种食物链所传递的能量称为“第一能流”。

腐烂链又称为分解链，这是从死亡的有机体被微生物利用开始的一种食物链。如动植物残体→微生物→土壤动物；有机碎屑→浮游动物→鱼类。这种食物链传递过程包含着一系列分化和分解过程，有机物死后被细菌分解，释放出 CO_2、H_2O 和热量。在陆地生态系统中，这类食物链占有很重要的位置。有人将由这种食物链传递的能量称为生态系统的“第二能流”。

此外，生态系统还有另一种能量传递过程，这就是储存和矿化过程，即所谓的“第三能流”。生态系统中常有相当一部分物质和能量没有被消耗，而是转入了储存和矿化过程，为人类的需要蓄积丰富的财富，如森林蓄积的大量木材、植物纤维等都可以储存相当长的一段时间。但是这部分能量最终还是要腐化，被分解而还原于环境，完成生态系统的能流过程。矿化过程是在地质年代中大量的植物和动物被埋藏在地层中，形成了化石燃料(煤、石油等)，成为现代工业发展的能源基础。这部分能量经燃烧或风化而散失，从而完成了其转化过程。

太阳能在有机界的转化，实际上是通过能量转移，将无机界与有机界联系起来，它不仅进行能量的储存，也通过腐烂链的分解释放能量，并且以热的形式重新返回太空，完成能量的循环。

2.4 自然地理环境中的物质交换

物质循环必须以能量作为动力。没有能量，物质循环就不可能进行。而物质和能量是一个统一体，任何质量本身都包含着一定的能量，能量又一般都以一定的物质为载体。因此，在物质循环的过程中，能量必然伴随着物质之间发生传运和传递。

自然地理环境中物质循环的方式可以归纳为四种类型，即大气循环(atmosphere cycle)、水分循环(hydrologic cycle)、地质循环(geologic cycle)和生物循环(biology cycle)。从大规模和大范围着眼，自然地理环境中一切物质运动和能量转化均可由这四大循环加以阐释。因为它们代表了固、液、气三种相态，代表了有机和无机两大物质类型，代表了动能与势能、显热与潜热等不同能量形式在全球范围内的流通过程。

(一) 大气循环

大气循环是以大气环流的形式进行的，它包括了行星风系、季风环流和局地环流三种不同尺度的模式。其中行星风系支配着全球性的大气循环(图 2.3)。

大气循环的原动力是太阳辐射。高低纬度间因获得的太阳辐射不等而产生的热力差异驱使大气不断运动，从而输送着物质与能量。

由于气体是极易运动的流体，可以达到较高的流动速度；它又是极易流动相互渗透的物质，具有较强的交换能力；同时行星风系具有全球性规模。因此，大气循环成为自然地理环境中传输物质和能量的有效途径之一。

大气循环最显著的作用是重新分配地表的热量和水分，直接的作用是通过输送储存在大

气环流中的热能和水汽实现的，低纬地区存在的信风环流平均每秒可以流动 2×10^{8} t 空气，赤道地区的大量热能就是通过这一环流机制不断地向中、高纬地区输送；海陆间的环流系统则使海洋水分输送到大陆内部。间接的作用是通过驱动大规模的洋流运动而实现。由于这样的作用，大气环流也就成为气候形成的主要因子之一。

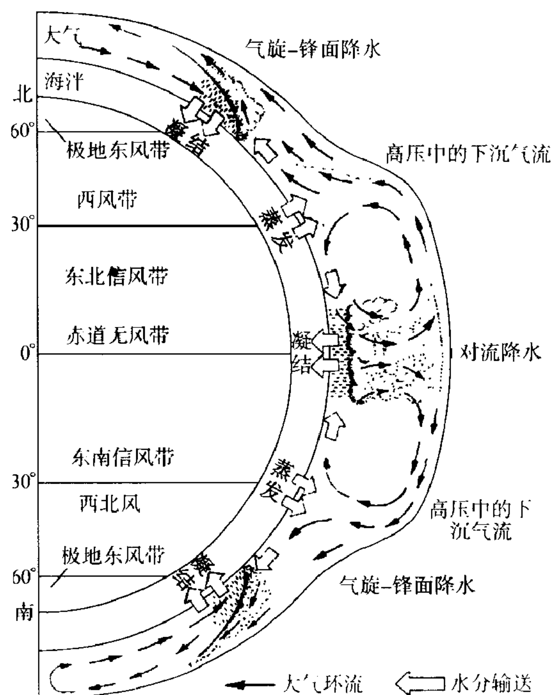


图 2.3 大气循环示意图

大气环流还积极地搬运地表松散的固体物质。就局部而言，这一作用是相当显著的。突出的例子是 1953 年 5 月美国发生的"黑风暴"。加拿大的西段边界与美国西部大草原邻近的几个州刮起了一股黑色尘雾，它以 60～100 km/h 的速度向前推进。据估计，这股黑风暴携带了这个干旱地区的 3×10^{8} t 尘土，跨越美国 1/3 的领土，一直到达东部海岸，最后倾泻在离岸几百公里的大西洋之中。这次黑风暴平均刮走了 5～30 cm 厚的表土层，毁坏了大量农田。

大气搬运地表松散物质的过程也就是塑造地表形态的过程，因此，大气环流也就作为地貌形成的外力条件之一。

(二) 水分循环

水分在自然地理环境中的循环有两种主要的方式：一是通过水本身的相变，即从液态或固态转换成气态，随着空气的运动输送到远方，在适当的条件下，再由气态转换成液态或固态返回地表；二是液态水在热力梯度或势能梯度的作用下，通过洋流或陆地上河川径流进行物质和能量的大规模传输(图 2.4)。

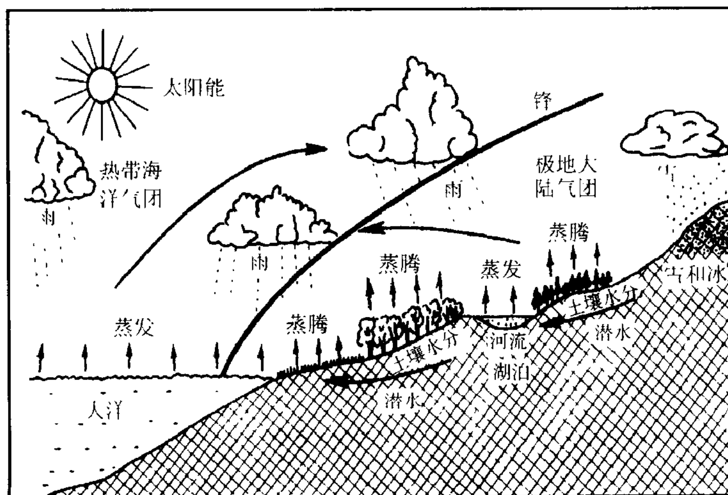


图 2.4 水分循环示意图

在实际过程中，这两种形式的水分循环是不可分割的，水分通过蒸发-输送-降水-径流等相互联系的环节，不断地在海洋-大气-陆地之间循环往复。显然，水分的循环不可能是孤立的。在第一种循环形式中，水分循环加入到大气循环的某些过程中；在第二种形式中，水分循环又参加了地质循环的某些过程。

水分既然处于连续的循环运动之中，各种水体，也就不断地进行着自然更新。据估计，大气的水汽更换一次需 8 天，河流水约需 16 天，湖泊水体约需 17 天，土壤水约需 300 年，海洋水高达 2500 年，极地冰川则达 9700 年。

水分循环对于全球性水分和热量的再分配起着重大的作用，这种作用与大气循环相互联系而发生，从而影响了一个地方气候的两个主要方面——降水与气温。水分循环具有物质"传输带"的作用，而且又是岩石圈表层机械搬运作用以及自然地理环境中无机成分和有机成分化学元素迁移的强大动力。在水分循环过程中伴随产生了各种常态地貌和河流、地下水、湖泊等等。水分循环也是生物有机体维持生命活动和整个生物圈构成复杂的水胶体系统的基体条件，起着有机界和无机界联系的纽带作用。总之，水分循环有如自然地理环境的"血液循环"，沟通了各基本圈层的物质交换。水分循环同时起着水文过程、气候过程、地形过程、土壤过程、生物过程以及地球化学过程等作用。

（三）地质循环

地质循环由 4 个基本过程所构成——风化、输送、沉积和构造（图 2.5）。

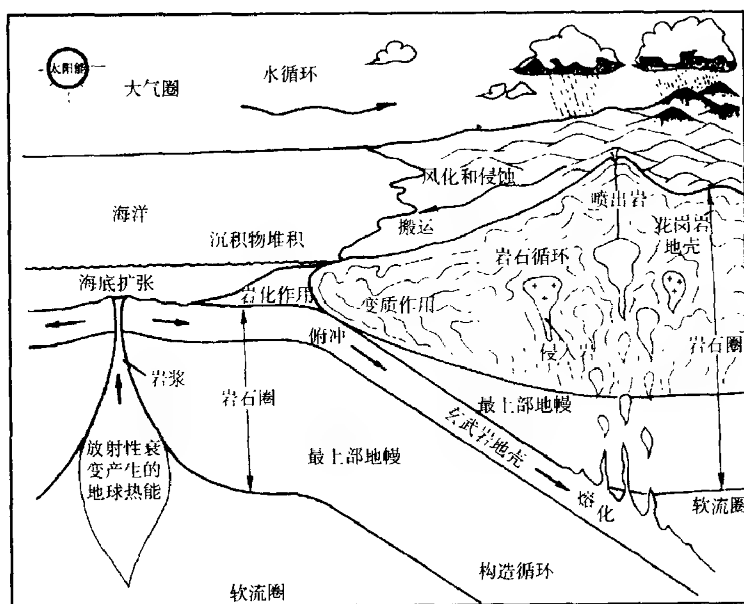


图 2.5　地质循环示意图

（1）风化过程

裸露地表的岩石在各种破坏营力的作用下，其内部性质发生机械的和化学的改造和变化，风化作用的结果，使坚硬的岩石成为松散的物质，增强了透水性和通气性，矿质养分元素以可溶性盐的形式被释出来，并形成一些次生的粘土矿物，为土壤的形成准备了必要的物质基础。

(2) 输送过程

风化作用的产物，在太阳能和重力能提供动力的前提下，通过各种渠道，输运到远离产生这些物质的地方，实现了地表物质的重新分配。

(3) 沉积过程

被输运并聚集在海洋底部和陆地下陷部位的松散沉积物，在改变深度、温度和压力等条件下逐渐密实，改变了原来的结构和成分，并通过岩化作用形成岩石。

(4) 构造过程

由于地球内能的作用，产生地壳的抬升、下降、断裂、褶曲、火山、地震等现象，同时也发生大规模的水平运动。构造过程有时剧烈、有时慢缓，主要决定于地球内能的输入状况。在构造过程抬升到地表的物质，又重新经历风化、输运、沉积等过程，形成一个不间断的循环。地壳物质沿着这条“传送带”也不断地从地表到地下，又从地下到地表进行着往复的运动。

(四) 生物循环

生物循环即生态系统中的物质循环。在自然地理环境中，生物循环包含着两层基本意义：生物作为土壤-植物-大气(SPAC)之间的一个联系环节，从而使它成为整个自然地理环境中物质能量交换的一个基本通道；实现了有机界和无机界之间的相互转化，这是生物循环最本质的体现。生物循环对于能量的储存和消耗，对于化学元素的迁移和积累，对于C循环、N循环、O循环和其他有关成分的循环等都具有明显的作用，具体有如下几点：

(1) 生物有机体可以把太阳辐射能转化为化学潜能

广泛分布于陆地和海洋中的绿色植物通过光合作用，把周围环境中的无机物合成为有机物质的同时，把来自于太阳而被植物所截留的能量转化为化学能储藏在有机物质中，而当生物有机体进行新陈代谢作用时，则把这些化学能重新释放到环境中。

(2) 生物循环引起化学元素的迁移，使得这些元素在自然地理环境中重新分配

化学元素的迁移现象在地球上出现生物体之前就已存在，但它们迁移的方式仅限于物理的和化学的两种。只有当具有新陈代谢能力的生物有机体出现以后，元素的生物迁移才随着生命的进化逐渐加强和扩大。

在生物循环过程中化学元素迁移的特点是经历了无机物→有机物→无机物的反复转化过程。绿色植物在大气中吸收无机化学元素，也从地壳和水圈中吸收无机化学元素，使许多元素离开原来位置进入到生物体内，并改变了它们原来的存在形式。根据对生命物质的分析，发现几乎在自然地理环境中存在的元素都可以在不同的生物体内找到，但含量则有很大的不同。例如植物体中N的平均含量比岩石圈高出30倍，C高出180倍。被生物有机体所吸收的元素在有机体被异养微生物分解而发生矿化的过程中，又以无机物的形式归还到周围环境中去，并且使这些元素在自然地理环境中重新分布。

(3) 生物循环可以改变大气的组成成分，并保持大气圈中气体的相对平衡

在生命有机体出现以前，大气的主要成分是CO_2、CH_4、N_2和NH_3，而缺乏O_2。绿色出现后，大气中的O_2才逐渐丰富起来。地球上的游离氧都是生命的产物，是光合作用的结果。

氧是非常活泼的元素，经常积极参加到化合物中去，同时又由于植物光合作用中释放的氧弥补了大气游离氧的损失，才保持了大气中氧的平衡。

又如植物每年要从大气中吸收1/35的CO_2作为养料，如果没有CO_2返回大气的过程，那

么大气中的 CO_2 只要 35 年便消耗殆尽。正是由于火山爆发、活动(燃烧),特别是生物呼吸以及有机残体的腐烂和矿质化过程,才使得大气中的 CO_2 得到补偿。

(4) 生物循环影响并改造水圈中的化学成分

地表水和地下水的化学成分在很大程度上受生物循环的制约。例如,有机残体的矿化过程把 CO_2、腐殖质和重碳酸盐离子以及 Al、Mg、P、S 等元素运送到水中,并从水中获得游离氧。目前海水富含氯盐类物质,与海洋的生物活动是分不开的。

(5) 太阳能的引进

生物循环还把太阳能引进成土过程,使分散在岩石风化壳、水圈和大气中的营养元素在地表积聚,有机体本身则是土壤中有机成分的来源,从而使土层产生肥力,促进土壤的形成和发展。

(6) 生物循环参与了某些岩石和矿物的形成

目前分布广泛的石灰岩和富含煤、石油的有机岩层,都是由有机残体及有机体活动产物组成的。许多有机体是一定元素的富集者。例如,铁细菌在自己的细胞中或周围可富集氢氧化铁,硫细菌可富集硫,当有机体死亡之后,这些聚集的元素就地沉积起来。因此,铁矿、锰矿和硫矿等的形成与这些富集元素的微生物有关。动物的成矿作用也有很好的例子。如智利和秘鲁的海岛以及中国南海诸岛上沉积的磷矿床就是由海鸟长期排泄的粪便形成的。

(五) 营养物质循环

营养物质的循环主要包括碳循环、氮循环、磷循环和硫循环等。

1. 碳的循环

碳是构成有机体的基本元素,占生活物质总量的 25%。在无机环境中,碳主要以 CO_2 或者碳酸盐的形式存在。生态系统中的碳循环基本上是伴随着光合作用和能量流动过程进行的(图 2.6)。在有阳光的条件下,植物把大气中的 CO_2 转化为碳水化合物,用以构成自身。同时,植物通过呼吸过程把产生的 CO_2 被释放到大气中,供植物再度利用,这是碳循环的最简单形式。CO_2 在大气中的存留时间或周转时间大约为 50~200 年。

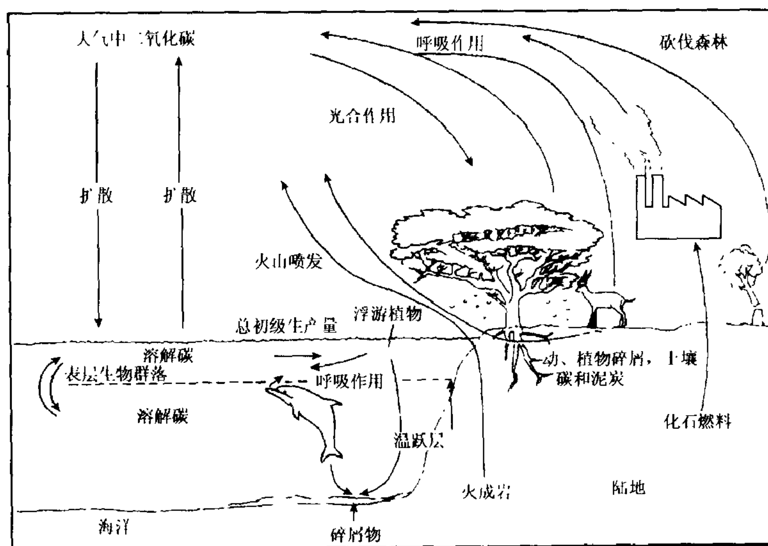


图 2.6 全球碳的循环

植物被动物采食后，碳水化合物转入动物体内，经消化、合成，由动物的呼吸排出 CO_2。此外，动物排泄物和动、植物遗体中的碳，经微生物分解被返回到大气中，供植物重新利用，这是碳循环的第二种形式。陆地生物群中含有大约 5.5×10^{10} t 的碳，海洋生物群中含碳大约有 3×10^{9} t。

全球储藏的矿物燃料中含有大约 10×10^{12} t 的碳，人类通过燃烧煤、石油和天然气等释放出大量 CO_2，它们也可以被植物利用，加入生态系统的碳循环中。此外，在大气、土壤和海洋之间时刻都在进行着碳的交换，最终碳被沉积在深海中，进入更长时间尺度的循环。这些过程构成了碳循环的第三种形式。

应当指出，上述三种碳循环的形式是对全球碳循环过程的一种简化，这些形式的碳循环过程是同时进行，彼此联系的。

2. 氮的循环

氮是生态系统中的重要元素之一，因为氨基酸、蛋白质和核酸等生命物质主要由氮所组成。大气中氮气的体积含量为 78%，占所有大气成分的首位，但由于氮属于不活泼元素，气态氮并不能直接被一般的绿色植物所利用。氮只有被转变成氨离子、亚硝酸离子和硝酸离子的形式，才能被植物吸收，这种转变称为硝化作用。能够完成这一转变的是一些特殊的微生物类群如固氮菌、蓝绿藻和根瘤菌等，即生物固氮；闪电、宇宙线辐射和火山活动，也能把气态氮转变成氨，即高能固氮；此外，随着石油工业的发展，工业固氮也成为开发自然界氮素的一种重要途径。

自然界中的氮处于不断的循环过程中(图 2.7)。首先，进入生态系统的氮以氨或氨盐的形式被固定，经过硝化作用形成亚硝酸盐或硝酸盐，被绿色植物吸收并转化成为氨基酸，合成蛋白质；然后，食草动物利用植物蛋白质合成动物蛋白质；动物的排泄物和动植物残体经细菌的分解作用形成氨、CO_2 和水，排放到土壤中的氨又经细菌的硝化作用形成硝酸盐，被植物再次吸收、利用合成蛋白质。这是氮在生物群落和土壤之间的循环。由硝化作用形成的硝酸盐还可以被反硝化细菌还原，经反硝化作用生成游离的氮，直接返回到大气中，这是氮在生物群

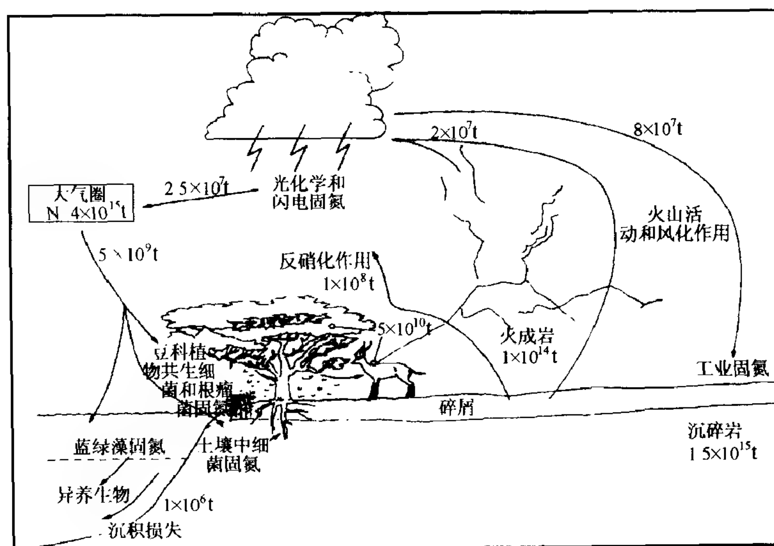


图 2.7 全球氮的循环

落和大气之间的循环。此外，硝酸盐还可能从土壤腐殖质中被淋溶，经过河流、湖泊，进入海洋生态系统。水体中的蓝绿藻也能将氮转化成氨基酸，参与氮的循环，并为水域生态系统所利用。至于火山岩的风化和火山活动等过程产生的氨同样进入氮循环，只是其数量较小。

当人类工业固氮之前，自然界中的硝化作用和反硝化作用大体处于平衡状态，随着工业固氮量的增加，这种平衡状态正在被改变。据估计，为了满足迅速增长的人口对粮食的需求，2000年的全球工业固氮量可能超过1×10^8 t，这将对全球氮循环产生怎样的影响，是值得研究的重要科学问题。

3. 磷的循环

磷是构成生物有机体的另一个重要元素。磷的主要来源是磷酸盐类岩石和含磷的沉积物。它们通过风化和采矿进入水循环，变成可溶性磷酸盐被植物吸收利用进入食物链。以后各类生物的排泄物和尸体被分解者微生物所分解，把其中的有机磷转化为无机形式的可溶性磷酸盐，接着其中的一部分再次被植物利用，纳入食物链进行循环；另一部分随水流进入海洋，长期保存在沉积岩中，结束循环(图 2.8)。

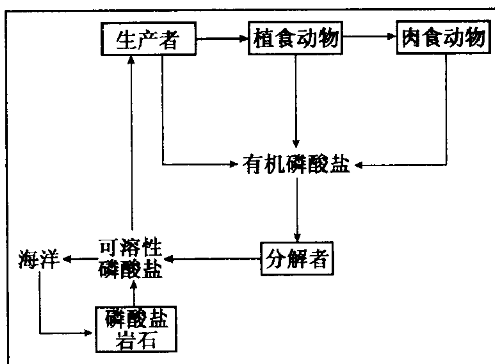


图 2.8 磷循环示意图

4. 硫的循环

硫是原生质的重要组分，它的主要库是岩石圈，但它在大气圈中能自由运动。硫循环有一个长期的沉积阶段和一个较短的气体阶段。在沉积阶段中，硫被束缚在有机和无机物中，通过风化分解才能被释放出来，并在盐类溶液中，被携带到陆地和水域生态系统。在气体阶段中，它在全球规模上进行周转。

2.5 化学元素迁移对自然地理环境的影响

从微观来看，自然地理环境的组成成分均由化学元素组成。无论是水、空气、岩石或有机体都只是在一定的理化条件下，其组成元素呈相对稳定、相对静止的存在形式。随着自然地理环境中物质运动和介质环境的变化，原有的组成元素就会失去稳定状态，发生转移和重新分配，然后又在新的理化条件下以新的形式暂时固定下来。这种过程，称为元素的地球化学迁移(geochemical migration)，它通常会引起元素的分散和富集。

由于元素迁移，化学元素在自然地理环境的不同部位和不同组成成分之间进行重新分配，这些过程与前述的四大循环过程是相一致的。元素的迁移是微观的物质循环，它作为地表自然界物质运动的重要形式，贯穿于各组成成分之间，并使之建立紧密的相互联系、相互制约的关系。

(一) 化学元素在自然地理环境中的分布

自然地理环境的各大圈层中，化学元素的分布背景是：地壳中氧(O)、硅(Si)、铝(Al)、铁(Fe)、钙(Ca)、钾(K)、钠(Na)和镁(Mg)等元素占地壳总质量的97%，其他元素约占3%；水圈中氧(O)、氢(H)、氯(Cl)、钠(Na)占98.48%；大气圈中氮(N)、氧(O)、氩(Ar)占99.81%；土

壤中的氧(O)、钙(Ca)、钾(K)、硅(Si)、铁(Fe)、铝(Al)、钠(Na)、镁(Mg)、钛(Ti)、氮(N)占93.45%;有机体主要由氧(O)、碳(C)、氢(H)、氮(N)、钙(Ca)组成,占99.7%。

生物体含有70多种化学元素,其中25种化学元素是动植物生长、发育、繁殖所必需的营养元素。氮(N)、氢(H)、氧(O)、碳(C)、镁(Mg)、钙(Ca)、钠(Na)、磷(P)、钾(K)、氯(Cl)、硫(S)、硅(Si)、铁(Fe)等元素是构成生物体的基本元素(basic elements),占99.95%,称为大量元素;其中氮(N)、氢(H)、氧(O)、碳(C)占95%~97%,又称关键元素(key elements)或能量元素;其他元素仅占0.05%,称为微量元素(trace elements)。通常以生物体内元素的平均含量10%~2%作为划分大量元素和微量元素的标准。微量元素含量虽少,但所起生物学作用却不容忽视,没有微量元素就没有生命。微量元素参与呼吸、光合、造血、蛋白质合成、激素合成等许多重要的生理生化过程,并且这些过程中微量元素起着活化作用和催化作用。

(二) 化学元素的迁移

1. 迁移方式

地表化学元素迁移是指在地表环境因素的作用下,化学元素及其化合物在自然环境空间位置的移动以及存在形式或存在状态的变化。按环境介质的不同,迁移方式可分为水迁移(aqueous migration)、大气迁移(aerial migration)和生物迁移(bio-migration)三大类。

(1) 水迁移

水迁移是指化学元素在地表水、地下水中呈简单离子、络合离子、分子形态、胶体状态和悬浮物进行迁移。由于水是生物-土壤-岩石-大气系统中的特殊联系环节,各圈层之间化学元素的交换、迁移、转化常常是通过土壤溶液、潜水、地表水来实现的。因此,元素的水迁移在地表元素的集散中起很大作用。水迁移过程中,元素的迁移能力可以用水迁移系数(coefficient of aqueous migration)K_X 表示:

$$K_X = \frac{100 \times m_X}{a \times n_X}$$

式中,m_X 为水中元素的含量(mg/L),n_X 为岩石中元素的含量(%),a 为水中矿物残渣的含量(mg/L)。

(2) 大气迁移

从大气圈的化学组成来看,仅N、O、Ar和CO_2 4种即已占整个大气层的99.99%,而且其组成相当稳定。其他元素或化合物含量虽微,但因受人类活动的影响,其变化速率很快。特别是气溶胶,是近代人类社会工业生产废弃物排放后的一种重要迁移形式。

大气中的化学元素除来自陆地尘土、火山喷发和海洋表面盐沫等之外,现代人类活动与生物活动释放的物质增长很快,且多以悬浮颗粒物或气溶胶的形式存在,它们从陆地或水面进入大气后,依元素性质与存在状态之不同,多数在污染源地附近沉降或经降雨的淋洗作用返回地面,部分也可以呈气溶胶形式进入高空环流再迁移到很远的地方。

近地污染物的传输受污染源物源强、源高、风向、风速、湍流强度以及下垫面等各种自然地理环境因素的制约,其迁移过程十分复杂。

(3) 生物迁移

元素的生物迁移过程与生物生命过程的形成与分解是紧密相连的,无论是陆地或水体,只要有生命存在就一定有元素的生物迁移过程。生物迁移是指化学元素被生物吸收,随生物循

环而运动。生物对化学元素选择性吸收,使地表化学元素发生筛选,重新分配。生物迁移的总方向是把生命元素吸收和保存在生物圈内。生物对地表环境中的元素迁移有直接作用和间接作用。直接作用是指生物本身直接参与地表环境的地球化学过程、元素迁移和许多矿物的形成。在整个地表环境的发展历史进程中,几乎所有的化学元素都多次被生物有机体吸收,又从有机体中释放出来。用生物吸收系数(A_X)可以表示出元素的生物迁移强度:

$$A_X = \frac{L_X}{n_X}$$

式中,L_X 为植物灰分中 X 元素的含量,n_X 为该植物生长的土壤或岩石中 X 元素的含量。

2. 地表元素迁移的影响因素

地表元素迁移是化学元素在自然环境中巨大而复杂的运动形式。地表元素迁移的动因离不开一定的内在因素与外部条件。内在因素包括元素的性质,也包括元素与其他要素之间组合(键合)的能力;外部条件包括化学元素所在环境介质的光热因子、水土状况、生物活力与人为影响等地理环境因素。具体来说,包括以下几个方面:

(1) 内在因素

元素迁移能力同化学键类型、电负性、原子和离子半径、原子价有密切关系,而离子电位值——原子价或离子电荷与其半径之比值——是元素地球化学的重要参数,它同元素的溶解度和迁移形式有关。

地表环境中的各种天然络合物和胶体对许多元素的迁移有特别重要的意义。大多数微量元素与低分子的有机酸、腐殖酸等化合物形成络合物后,其活性提高,并且在一定范围内对环境反应不敏感,因此,络合作用对一些不易迁移的金属元素的迁移有重要意义。另外,地表还是一个胶体世界,胶体具有吸附和交换离子的能力,对元素的迁移和沉积影响很大。

(2) 地球化学环境

地球化学环境是元素迁移的重要影响因素。在酸性条件下,Ca、S、P、Mn、Cu、Zn、Cr 具有较强的迁移能力;在碱性条件下,V、Cr、Se、As 迁移能力很强。另外,同一元素在不同的酸碱条件下溶解度差别很大。在氧化条件下,Cr、V、Se、As 等被氧化而形成的易溶解络合物随水迁移,Fe、Mn 等元素在氧化条件下不易迁移,但在还原条件下则具有较大的迁移能力。

(3) 地表的自然地理条件

地表的水热条件、水量分布、气流变化、地貌形态以及生物等自然地理条件都是影响元素迁移的因素。地表的水热条件影响元素和化合物的活动性、聚合状态和固体晶体状态,也影响它们在地理环境中的反应速率和方向,因此气候对元素的迁移影响很大。在地带性气候影响下,形成表生地球化学地带性。地形影响化学径流速度,从而影响物质的分异,不同部位有不同的物质组成。生物对元素的迁移和集散也有很大的影响,地表环境中化学能是通过原子的生物循环释放出来的,因此可以说地理景观的地球化学特征是由于元素生物循环的结果。

(4) 人为影响

人类是地壳元素迁移、循环的强大营力。在漫长的历史进程中,人类通过生产活动,从环境中获取物质和能量,经过加工、制作与合成后变成人类生活所必需的消费品,同时又将一些未能利用的剩余废弃物归还给环境,再通过大气扩散、水体转移等来完成元素的迁移过程,促使环境的化学成分发生一定的变化,使自然界的元素发生重新分配,加速元素的迁移、循环。人类的社会生产活动如果不能自觉地保护自然生态结构的合理性,而一味地追求利润,就很可

能会破坏生态系统结构，造成环境污染，引起严重的生态恶化。此外，人类还创造了自然界没有的新元素和新同位素。

（三）地表化学元素的地域分异

自然地带性学说说明地表元素迁移的能量来源具有地带性，地表元素的迁移能力以及地表元素的分布特征也必然会呈现很强的地带性与地域分异特征。

1. 地表化学元素的集散

自然地理环境中化学元素的地带性分布是一定地理环境条件下元素迁移的结果。地球表面能量分配的不平衡性与地带性规律决定地表化学元素的迁移转化过程及其区域分异特征。由于元素的迁移能力和速度是随地表水热状况、生物地球化学条件的变化而改变的，因此化学元素迁移的结果导致地表化学元素的地域分异：在此处分散、流失，在彼处浓集、积累。土壤作为现代自然景观演化过程的一面镜子，是成土母质、水热条件、生物作用与人类开发过程的综合反映，因此土壤中各种化学元素自然背景含量的区域变化，可以比较客观地反映出不同区域元素迁移过程的变化规律。

如果以背景值作为标准，凡趋向于浓度降低的属于分散、流失；反之则属于浓集、积累。如果以生物最适浓度的上下限为标准，那么凡低于最适浓度下限而引起生物患缺乏病的便为缺乏；凡高于最适浓度上限而引起生物中毒的则为过剩。环境中某些元素缺乏或过剩而引起生物效应的地区称为生物地球化学省（biogeochemical provinces）。由于地带性因素和非地带性因素作用结果，生物地球化学省呈地带性和地区性的分布，并常常与地球化学景观一致。

与生命有关的元素（包括生物必需的营养元素和在自然条件下对生物有害的元素）的地理分异在农林业、畜牧业、养殖业、医疗卫生和环境保护等方面均有极其重要的意义。因为环境中与生命有关的化学元素含量异常（不足、过剩或比例失调）而形成生物地球化学省，使动植物和人类患生物地球化学病。

2. 中国土壤微量元素的地域分异规律

东部湿润半湿润区，土壤中 Cu、Ni、Co、V、F、Cd、Mn 等元素含量变化基本上呈下列趋势：

$$华北 > 华中 > 华南 = 东北$$

也就是说，除东北区因潮湿多雨、淋溶强，元素迁移强烈，土壤元素背景较低之外，其余地区土壤的元素含量与地带性成土规律是相当吻合的。

北部的草原荒漠中元素背景含量的经向变化也很明显，Cu、Zn、Cr、Ni、V 等元素的背景含量，由东向西逐渐递增的趋势十分明显，这与降水的变化趋势也相当吻合，符合元素迁移类型由淋溶到累积的变化规律。

由此可见，中国地表元素迁移的地域分异规律与中国南热北寒、东湿西干的地理特征是一致的，与影响元素迁移的生物、气候特征的变化是吻合的。

（四）地表化学元素集散的实践意义

地表化学元素迁移和集散的研究有重大的实践意义，具体来说表现在以下几个方面：

1. 农业方面

由于元素迁移，地表物质发生有规律的分化，形成各种地球化学景观，在垂直方向上形成景观地球化学作用层。为了发展农业生产，因地制宜地进行农业布局，就需要全面地了解景观

地球化学特性，改造不利于农业生产的自然条件。此外，为了合理利用土地资源，维持土壤肥力，需要适当的耕作措施和施肥，使土壤有机质很好地矿质化，加速化学元素的释放，以满足生物小循环的需要（农作物的吸收）。

2. 畜牧业方面

动物对环境化学有很大的依赖性。动物体不仅含有大量元素，而且含有许多重要的微量元素。任何一种元素的缺乏或过剩，都会影响动物机体的正常生命活动。动物营养元素的直接来源是植物性饲料和饮水，而它们的化学成分又和土壤的化学组成密切联系。因此，当景观要素中元素含量不适合动物营养的正常需要时，动物就可能患病。所以，当发现某些元素缺乏时，可在饲料中加入适量的不足元素，或正确地施肥，使土壤补充所缺少的化学元素，提高畜产品的营养价值，消除地方病；如果某些元素过剩时，可在饲料中加入对过剩元素的拮抗元素，也可扩大吸收过剩元素的牧草播种面积，防止土壤某些元素过剩而通过牧草来危害牲畜。

3. 卫生保健事业方面

地表环境化学异常也会引起人的生物地球化学地方病。最常见的是水、土、空气、植物中缺乏碘直接引起人体的碘营养不足，发生地方甲状腺肿，地方甲状腺肿严重的地区还流行呆小症（克汀病）。碘盐是当前防治地方甲状腺肿的最通用的方法。除外，较广泛分布的地方病还有氟斑釉齿和氟骨症。氟中毒的主要原因是水、土、粮食和蔬菜中氟含量高，解决的办法是改良水质和找寻低氟水源，或调入外地粮食等。另外，还有一些地方病，如大骨节病、克山病、杷病等，发病原因还不清楚。有人认为环境低硒是克山病和大骨节病发生的重要因素之一。

4. 找矿方面

采用景观地球化学方法普查、寻找盲矿床是追踪地下矿产的一个较好的方法。许多离地面不太深的矿脉，在地下常遭到水、空气、生物等风化作用，使它的一部分化学元素向周围分散开来，在矿脉的周围形成一个矿体金属元素的次生分散晕，景观各要素，如植物、土壤、水、疏散堆积物和沉积物中的一种或几种金属元素含量大大地增高，明显地高于该区的背景值。因此，当分析了景观各要素后，就可以圈定矿产的次生分散晕，判定矿产的位置。

5. 环境保护方面

地表环境是一个不断地进行物质循环和物质自净的庞大的化学地理系统。由于“三废”污染，往往会使地理环境恶化，平衡破坏，质量下降，损害自然资源，危害人体健康，这就是环境污染问题。环境污染问题可以用化学地理理论和方法建立一套合理解决的途径，主要表现在以下几方面：

（1）环境背景值的研究

环境背景值是指未受污染的环境各要素中化学元素和化合物的平均含量，它是衡量环境污染的标尺。

（2）环境容量的研究

环境容量是指各环境要素在背景值和自净能力的基础上对污染物的最大承受量或负荷量，它是环境质量评价、环境区划、环境规划和拟订“三废”排放标准、环境保护法令、政策的重要依据。

（3）污染物在地理环境中的分布研究

在污染化学地理的全面调查研究的基础上，分析环境各要素的污染物含量，就可以确定污染的类型、分布范围和严重程度。

（4）污染物在环境中的迁移研究

主要是探索和阐明污染物是以何种方式、何种形态进入环境的，在环境要素水、土、气、生物、岩石的体系中是如何转化、迁移的，最后归宿在何处。

复习思考题

2.1 如何认识自然地理环境的整体性的？

2.2 何谓耗散结构？何谓地理耗散结构？

2.3 试述自然地理环境的整体性（系统性）的特征。

2.4 简述自然地理环境的物质组成。

2.5 简述自然地理环境的能量组成。

2.6 自然地理环境的要素有哪些？

2.7 简述能量在自然地理环境中转换和传输的过程。

2.8 简述自然地理环境中物质循环的4种类型。

2.9 论述化学元素迁移对自然地理环境的影响。

第3章　时间演化规律

自然地理环境在空间和时间的发展是统一的，空间地理分布规律不能离开时间而存在；同样，时间演化也必须有空间表现形式。

自然地理环境的现代结构是它自身长期演化的结果，在自然地理环境发生和发展的整个历史时期中，各组成成分和它们之间相互作用的性质随着时间推移也在不断地发生变化。本章将从历史的角度，以发展的观点来阐明自然地理环境的时间演化规律。

自然地理环境发展的方向性、节律性、稳定性就是时间演化规律的一种表现。

3.1　自然地理环境发展的方向性

自然地理环境的发展是有方向性的发展，也就是说，随着时间的推移，它的发展不断复杂化，是从一种质的状态进入另一种新质的状态，新的形态总是不断代替旧的形态。这无论在有机界，还是无机界都有这样的方向性。

(一) 岩石圈发展的方向性

现代的岩石圈是地球几十亿年演化的结果。从整体上看，在这漫长的演化过程中，原始地球由一个接近均质的球体分化为具有复杂圈层结构的现代地球。作为地球圈层之一的岩石圈也随着地球演化而不断变得复杂化和越来越丰富起来。岩石圈的发展客观上也体现了自然地理环境发展的方向性。

(1) 地壳的演化具有明显的方向性

根据陈国达(1912～　，地质学家)创立的地洼学说，地壳演化是多阶段的，已知的有3个阶段：地槽区(活动区)→地台区(相对稳定区)→地洼区(新的活动区)(图3.1)。就是说，地壳构造的演化过程是活动区与稳定区互相交替更迭的过程。这种交替更迭并非地壳构造单元的简单重复，而是递进的，因为地洼区比地槽区或地台区具有更复杂的结构，体现了地壳发展过程是由简单趋向复杂、由低级趋向高级、螺旋式升进的过程。

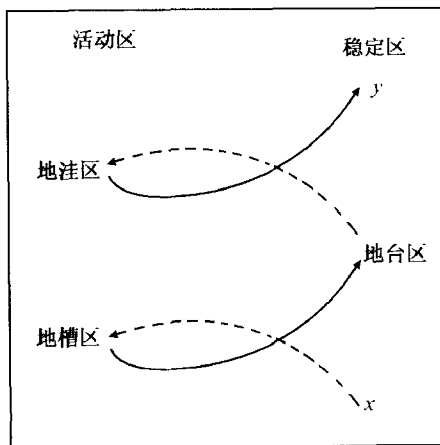


图3.1　地壳演化过程示意图

(2) 大陆面积有逐渐扩大的趋势

与大地构造的发展相联系，随着地槽向地台的演化，大陆面积也有逐渐扩大的趋势。尽管海侵和海退是交替出现，但发展的总方向是海洋面积不断缩小，而大陆面积日益增长的。在距今25亿年前，北美大陆还比较小，直到最近的地质历史时期，才具有现在的规模。中国南方大陆的研究也表明，中国陆地从西北分阶段向东南扩展。在日本列岛也具有

类似的现象。

(3) 地貌的发展也具方向性

Davis 的侵蚀循环学说(又称地理轮回说)假定地壳抬升后再没有上升、下降运动及大的气候变化,由流水逐渐夷平地表,从以下蚀为主的 V 型河谷的河流青年期开始,经过侧蚀为主的壮年期,最后进入侵蚀微弱、谷地间地面降低成缓坡的老年期,整个地表被磨蚀成几乎是起伏不大的平原,即准平原。然后地壳再上升进入第二个轮回,往复下去。这种地貌自幼年期、青年期、壮年期进入老年期的地理循环理论,随即遭到许多人的批评,但如果把地理循环和地质构造联系起来,把地理循环不看成封闭循环,而是螺旋性的循环,即有方向性的前进运动,则 Davis 的侵蚀循环学说还是符合地貌发展规律的。

(4) 风化壳的发育以及土壤的形成过程也具方向性

在风化作用初期,以物理风化为主,粗岩屑的残积层便是风化壳发育初期的代表。当化学风化作用刚开始时,主要是氯化物和硫酸盐被淋失,CO_3^{2-} 淋失较少而 $CaCO_3$ 相对富集,为富钙阶段;随着化学风化作用的加强,不仅 Cl^-、SO_4^{2-} 大量迁移,CO_3^{2-} 也大量淋失,Si 与 Al 相对富集,便进入了富硅铝阶段;最后 SiO_2 和 Al_2O_3 分离,Si 被淋失,Al 相对富集,到达到富铝阶段。

(二) 大气圈发展的方向性

大气圈的发展经历了原始大气、二氧化碳大气到现代大气这样一种方向。

(1) 原始大气

原始大气圈大约在 45 亿年前与原始地壳差不多同时出现,蕴藏在地球内部的各种气体元素随着火山爆发大量逸出地表,并被地球重力吸附,形成了原始的大气圈。从现代火山喷发出来的气体成分分析,原始大气主要由 H_2O、CO、CO_2、N_2、NH_3 和 CH_4 所组成,由于没有游离的氧,原始大气处于还原状态,与现代大气有本质区别。原始大气在大气圈发展史上占据了漫长的时间。

(2) 二氧化碳大气

原始大气在漫长的历史时期,其组成成分也在逐渐发生变化。开始是以二氧化碳和氮的增加为主要标志。原始绿色植物出现以后,光合作用释放的 O_2 对原始大气发生缓慢的氧化作用,CO 经氧化成 CO_2,CH_4 经氧化成 CO_2 和 H_2O,NH_3 经氧化成 H_2O 和 N_2,于是大气中 CO_2 和 N_2 不断增加。随着生物的进化和增多,大气中 O_2 逐渐增多,CO_2 也就相应增多,在距今 19～10 亿年前,CO_2 占优势地位,使原始大气变成 CO_2 大气。

(3) 现代大气

由于生物继续发展,尤其是陆生植物大量出现,O_2 不断从 CO_2 中分解出来,使得大气中 O_2 越来越多,而 CO_2 逐渐稀释,直到现代 O_2 的水平。O_2 的增加又导致了臭氧层的出现。大气中 N_2 的增加除与 NH_3 的不断氧化有关外,还直接取决于生物的发展,生物在生存期间要吸收环境中的氮化合物,合成蛋白质。当动植物腐烂时,蛋白质一部分直接转化为 N_2,另一部分转变为 NH_3 和 NH_4^+,NH_3 在游离氧的作用下又转变为氮。N_2 是化学性质不活泼的气体,在大气中越积越多,终于形成了以氮气、氧气为主的现代大气。

由上可以看出,大气圈的发展是沿着原始大气→二氧化碳大气→氮氧大气的方向发展的。

(三) 水圈发展的方向性

水圈发展的方向性主要表现在水体体积的日渐增大和大洋含盐浓度的逐渐增大两方面。

(1) 水体体积的日渐增大

在地球形成初期,地球上的水绝大部分以结晶水的形式储存于地球内部。后来地内温度逐渐升高,结晶水转化为水汽,通过火山活动等方式逸出地表。但由于当时逸出地表的水汽不多,而地表温度又很高,所以这些水汽不能以液体形式降至地面。随着大气中水汽增多而地表温度降低,一部分水汽就凝结成水降落至地面,形成最早的江河湖海,就是原始的水圈。以后由于水量逐渐增加以及地壳沧桑巨变,原始水圈就逐渐发展为今天这样具有汪洋大海和各种河湖沼泽的生机勃勃的现代水圈了。

(2) 大洋含盐浓度的逐渐增大

在原始水圈,刚形成的海洋水量很少,含盐量很低,组成与现代海水差别较大。随着陆地表面的风化作用和径流作用发展,陆地上各种无机盐类元素不断由河流进入海洋,才使海水含盐量逐渐增加。另外,海洋生物在海水的演化进程中起了积极的作用,它们大量吸收和利用海水中的 $CaCO_3$ 来建造自己的骨骼和外壳,使得原始海水的 CO_3^{2-} 含量大为减少,而氯化物却积存下来,久而久之,海水中氯化物的含量就愈来愈高,形成了今天的 $NaCl$、$MgCl_2$ 为主的海水。

(四) 生物圈发展的方向性

1. 生命起源的方向性

地球上本没有任何生命,在大气圈和水圈出现以后,才出现了生命。生命的起源,可分为3个阶段:

(1) 从无机物到简单有机物,CO_2、CO、CH_4→碳氢化合物→含C、H、O、N的简单有机物,为生命的诞生准备了必要物质基础。

(2) 从简单有机物到复杂有机物,碳氧化合物→氨基酸、脂肪酸、单糖、核苷酸(低分子有机物)→蛋白质、核酸、多糖(高分子有机物)。

(3) 从复杂有机物到原始生命。在原始水域中,高分子有机物发生凝聚作用,形成以蛋白质和核酸为基础的多分子体系,这种体系与周围水溶液之间有明显的界面,它从周围环境中吸收物质作为养料,同时将废物排出体系外,产生了生命的基本特征——新陈代谢,原始生命就这样诞生了。

原始生命体产生之后,生命演化就从化学演化阶段进入到生物进化阶段,自然地理环境便从无机界的沉寂发展为有机界的繁盛世界了。

2. 生物从海向陆发展的方向性

原始地球上的海水具有原始生物繁衍的良好环境,这是因为:

(1) 海水对于原始生物具有保护作用,鉴于高能紫外辐射对有机体的危害,原始生命只能在5～10 m以下水深处发育。

(2) 海水提供了大量从陆地源源流入的各种生物所必需的营养物质。

(3) 海水的理化条件比较稳定,保证有机体在其中进行正常的新陈代谢。

所以,原始生命首先出现在海洋中,以后才扩展到陆地上,并占领了海洋、陆地和低层大气的每一个角落,形成了生物圈。

3. 植物演化的方向性

远在距今30亿年前，作为低等植物的蓝绿藻就出现了，从寒武纪到泥盆纪主要是裸蕨（原始的蕨类、茎上没有叶子，只有很少的刺），到了石炭-二叠纪，为真蕨植物（靠孢子繁殖，对水的依赖性很大），侏罗纪是裸子植物的全盛时期（以种子繁殖，能适应复杂多变的气候），白垩纪到新生代被子植物占优势。总之，植物在地质发展史上是不断进化的，总的趋势是：藻类→蕨类→裸子植物→被子植物。

4. 动物发展的方向性

20亿年前，开始出现单细胞动物，主要是一些嫌气性微生物和化能营养微生物。到了元古代，海洋中出现无脊椎动物，志留纪出现了鱼类，泥盆纪出了两栖类和陆生爬行动物，中生代出现原始鸟类和原始哺乳动物，第四纪出现了地球生物史重大的飞跃：人类从猿类分化出来。可见，动物的发展趋势也是从低级向高级不断进化，经历了从单细胞动物→无脊椎动物→鱼类→两栖类→爬行类→哺乳动物→人类的进化过程。

整个自然地理环境的演化，是一个从低级向高级、从简单到复杂的不断发展过程。

3.2 自然地理环境发展的节律性

自然地理环境随时间的推移不断地向前发展。然而，在这一发展过程中，我们又看到许多重复发生的过程和现象，比如昼夜的更替、季节的更替、冰川的进退、海陆的升降以及生物的生死、物种的盛衰等。我们把自然地理过程（及其现象）随时间重复出现的变化规律称为自然地理环境的节律性，简称节律性（rhythm），或节奏性、韵律性。节律性是自然界一种特殊的循环，显然，它是在发展背景上的重复，是递进中的循环。

自然地理环境的节律性可概括为三种类型：周期性节律、旋回性节律和阶段性节律。

（一）周期性节律

周期性节律是自然地理过程按严格的时间间隔重复的变化规律。昼夜更替和季节更替都是周期性节律的表现。

1. 昼夜节律

地球绕地轴自转，使地表大部分地区在每天24小时都有昼和夜的交替，以及相应的加热和冷却的交替，自然地理环境的各种成分对此作出了积极的响应，许多自然地理过程和现象都随着昼夜交替而重复出现，随昼夜更替而变化的昼夜节律（circadian rhythm）是很多的。如温度的日变化、相对湿度和绝对湿度的日变化；光合作用只在白天进行，也是以昼夜为周期的；有的动物日出夜伏或夜出日伏；浮游动物随日光的上下迁移，都是昼夜节律的现象。昼夜节律的显著程度随纬度的增加而减小，在两极地区的表现较为特殊。

2. 季节节律

由于地球的公转，产生了季节更替的效应，许多自然地理过程和现象随之出现了以季节（年）为周期的节律变化。随季节更替而有规律重复出现的季节节律（seasonal rhythm）也有许多表现。如温带地区夏热冬寒、夏雨和冬雪，河流、湖泊的流水和封冻，树叶的脱落和生长、候鸟的南北迁移，动物的冬眠和夏眠都是季节节律的表现。化学元素的迁移也具有日周期变化和年周期变化，如中国北方温带和寒带，冬季由于低温冻结，元素迁移与极地相似；而夏季相

反，高温多雨，各种生物生长繁茂，风化作用强烈，元素迁移条件与热带亚热带相似。季节节律的显著程度随纬度的增加而增加，在赤道地区基本不存在季节节律，而昼夜节律却十分突出。

昼夜节律和季节节律主要根源于地球的自转和公转，以及由此引起的能量输入和转换的节律性变化。

另外，自然地理环境的周期性节律还有如潮汐现象，有全日潮、半日潮、半月周期潮和月周期潮等，这与地球、月球和太阳三者的关系是有联系的。

(二) 旋回性节律

旋回性节律(cycle rhythm)是指地理现象重复出现的时间间隔长度不定，或者是按不等的时间间隔重复出现。如太阳黑子出现的最大数量是平均 11 年重复出现一次，但重复出现的时间是不严格的，有的 7 年出现一次，有时多到 17 年才出现一次，所以太阳黑子的最大数量的出现是旋回性节律的一个例子。在自然界中，地质旋回(geological cycle)和气候旋回(climatic cycle)是最典型的旋回性节律。

1. 地质旋回

岩层的沉积层序非常鲜明地反映了地质旋回的节律性，如在地层剖面上见到的由老渐新反复出现砾岩-砂岩-页岩-石灰岩的岩相更迭及岩层厚度的变化，就反映了从海退到海侵或从地壳上升到下降的旋回节律。

地质旋回节律可以延续很长时间，如加里东时期旋回节律可以延续 2 亿年，前半期是地壳沉降占优势，后半期是地壳上升占优势，随着沉降发生海侵或褶皱运动。海西时期的地质旋回延续时间稍短，为 1.25 亿年，前半期也以沉降占优势，后半期以上升占优势。

2. 气候旋回

气候的变迁也呈现一种旋回性节律。6 亿多年来的地球气候史是以温暖时期和寒冷时期交替演变为其基本特点的。另外还有干-湿的变化。根据旋回周期的长短，气候旋回可分为世纪内旋回(inner-century cycle)、超世纪旋回(ultra century cycle)和冰期-间冰期旋回(glacial-interglacial period cycle)三种。

(1) 世纪内旋回

波动周期较短，在几年至几十年范围内。气候上常见的有 22～23 年周期及 35 年的周期。著名地理学家竺可桢院士(1890～1974)认为中国温度的升降有 50～100 年的周期。北京大学气候学家王绍武(1932～　)教授对中国 20 世纪气候趋势的分析中认为降水从干到湿有 10 年的周期，但气温从暖到冷有 20 年周期。气温与降水联系起来，大致按暖干-冷湿-冷干-暖湿-暖干的顺序变化，周期是 40 年。

(2) 超世纪旋回

周期长短超过 100 年以上，如周期为 1800～1900 年的超世纪气候旋回。这种旋回分两个阶段：寒湿气候阶段，长 300～500 年，期间冰川扩展，河流水量增加，湖泊水位上升；干热气候阶段，长达 1000 年以上，期间冰川后退，河流变浅，湖泊水位下降。竺可桢研究中国 5000 年气候变迁时，也提出 400 年、800 年、1200 年和 1700 年的周期。

(3) 冰期-间冰期旋回

波动周期在 1 万年以上，甚至超过 100 万年的气候旋回，第四纪初期极地和温带的冰川作用很普遍。第四纪冰川作用由一系列冰期和间冰期组成。冰期气候寒冷，间冰期气候温暖；冰

期冰川覆盖面积扩大，间冰期冰川覆盖面积缩小。在阿尔卑斯地区，曾有固茨、明德、里斯、雨木四次冰期和三次间冰期。

(三) 阶段性节律

生物自身特性所形成的节律具有阶段性的特点。这是指生物类群在周期性或旋回性变化的背景上，以一定阶段为周期表现出的突变性的重复。按节律的性质划分为两类：生物生长节律和生物进化节律。

(1) 生物生长节律

每一种生物的生命运动，其生长过程总是经历着个体的出生、成长和死亡，而个体又重复这一类的过程。这样，一定区域的生物类群便遵循着各自的生命长短进行阶段性的节律变化。例如一年生植物的生长节律。每一个生长期内，其生长过程符合逻辑斯蒂曲线(logistic curve)，又称"S形曲线"(图3.2)，多年的记录就反映出阶段性的节律重复。

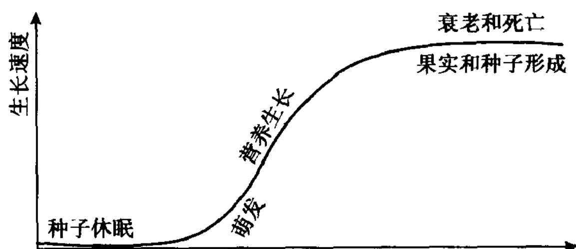


图3.2 生物生长节律

种类不同的生物其生长节律周期的差异很大，有一年生，也有多年生；有的寿命非常短暂，有的可逾千年。但同种生物的生命周期则大致相同。不论生命周期长短如何，它们无一不遵循着生物生长的阶段性节律。

(2) 生物进化节律

地球生物界的进化不是匀速渐变的，而是表现为阶段性的突变和跃升。从生物进化的过程可以看出，生物各门类从诞生、发展、繁荣、衰退到灭绝具有明显的阶段性节律。

概括而言，生物进化的阶段性节律表现为短期内某些生物门类突发性地迅速繁殖，然后进入鼎盛时期，这一时代结束时，大量不同生物门类和不同生态位的动植物发生死亡，甚至灭绝，接着又是新物种大量涌现，高级取代低级，强者淘汰弱者，如此多次反复地发生，阶段性跃进地发展。

3.3 自然地理环境发展的稳定性

比较周期性节律和旋回性节律可以发现两者的本质区别：周期性节律过程中，每一个节律重复，自然地理环境保持着稳定的空间结构，而在旋回性节律过程中，每一个节律的重复，自然地理环境的空间结构会发生巨大的改组。也就是说，自然地理环境不断向前演化的历史进程中，在相当长的一段时间内维持着相对的稳定状态，各要素之间有着平衡的联系，物质和能量的输入、输出出于动态平衡，自然地理环境的结构和功能保持着稳定的状态；外界变动或人为干扰所致的不稳定影响受到自然地理环境自我调节机制的制约，使得自然地理环境总是力图恢复原态，维持稳定。每一具体的自然地理环境都是变动性和稳定性的对立统一。

自然地理环境的稳定性(stability of physicogeographical environment)是指其影响条件发生变动，或人为干扰的场合下，自然地理环境的状态并不会变动过大，或变动后经自我调节机制的作用，使其逐渐恢复原态的性质。

(一) 因果反馈关系

自然地理环境的自我调节，在很大程度上取决于组成它的各个组成成分，以及各自综合体之间的相互联系的性质。各组成成分之间以及各自然综合体之间的联系，可应用系统动力学(system dynamic)的因果反馈(feedback)关系来研究。

凡具有因果关系的变量，它们的关系不是正因果关系，就是负因果关系。如 A 事物增加，B 事物也随之增加，就是正因果关系(positive feedback)，符号表示为“+”；若 A 事物增加，B 事物随之减少，则为负因果关系(negative feedback)，符号表示为“-”。如果把许多有联系的因果关系首尾串联，便可形成一个闭合的因果关系环。因果关系实际上就是因果反馈环，反馈是系统运转后，根据实践的结果，修正引起这种结果的原因。反馈环分为正反馈环(positive feedback loop)和负反馈环(negative feedback loop)两种。

1. 正反馈环

正反馈环是当反馈环中一个要素发生变化，通过反馈环中各环节的连锁反应，加强这种变化趋势，使其脱离初始状态。这种在变动中自我增强的作用是正反馈的作用。

“猫的数量”与“鼠的数量”为负因果关系，而“鼠的数量”与“鼠药数量”是正因果关系，“鼠药数量”与“猫的数量”为负因果关系。如图 3.3 所示：猫的数量减少，老鼠数量增多；老鼠数量增多，灭鼠药增多，灭鼠药增多，进一步使猫的数量减少。表现为一种抑制“猫的数量”增加的作用。

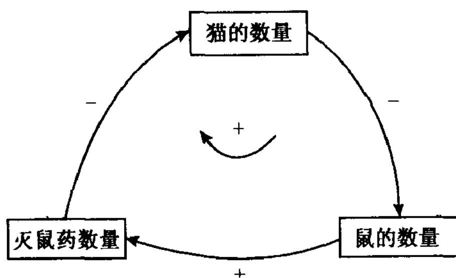


图 3.3 正反馈环

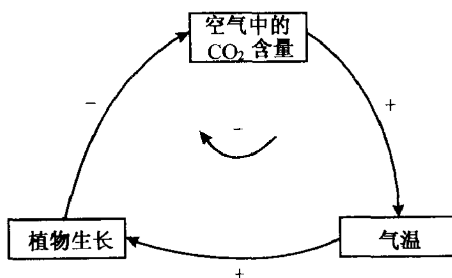


图 3.4 负反馈环

2. 负反馈环

负反馈环是当反馈环中一个要素发生变化，通过反馈环中各要素的连锁反应，减弱了这种变动，使变化趋于稳定。这种在变动中自我调节作用是负反馈的作用。

当空气中 CO_2 含量增加时，空气温度因温室效应而提高；空气温度升高，植物生长茂盛；植物生长茂盛，增强光合作用，因而使 CO_2 减少。这就使 CO_2 含量不会增加过快，而趋于稳定(图 3.4)。所以负反馈环可以通过连续反应，起自我调节的作用。

由上分析可见，正反馈环是使偏差增强，而负反馈环则使偏差抵消。

(二) 系统的稳定取决于正、负反馈环的力量对比

由于负反馈环起偏差抵消作用，也就是起稳定作用的。因此，过去过多地重视负反馈在生态平衡中的作用，甚至认为生态平衡仅由负反馈来决定，而忽视了正反馈的作用，这是不全面的。实际上，系统的稳定是由正反馈环与负反馈环两者的力量对比关系所决定。由于正反馈环的自我增强作用和负反馈环的自我调节作用，系统必然是在变动与稳定、增长与衰减间相互

斗争。当负反馈环的自我调节作用强于正反馈环的自我增强作用时,系统趋于稳定;但当正反馈环的自我增强作用超过负反馈环的自我调节作用时,系统的稳定遭到破坏,脱离初始状态。

图 3.5 表示"植物总数"同时受"出生数"和"死亡数"两个变量的控制,当"出生数"所在的正反馈环的自我强化作用超过"死亡数"所在的负反馈环的自我调节作用时,"植物总数"将呈增长趋势;但当"死亡数"所在的负反馈环的自我调节作用超过"出生数"所在的正反馈环的自我增强作用时,系统将趋于稳定。可见,系统的稳定性不仅决定于负反馈环,而是负反馈环与正反馈环相互冲突中负反馈环占优势的结果。

自然地理环境不同等级的自然单元都是在历史发展过程中形成和不断向前演化的。所谓稳定只是代表整个演化过程的一个阶段。整个地球表层是不断向前发展,是由简单到复杂的不可逆过程。自然地理环境在某阶段是稳定的,但自然历史的长河又是发展的。

负反馈环的自我调节作用不会引起自然环境演化的终止,负反馈环的自我调节作用在演化过程中,虽然是起"保守"作用,但它的作用有一定限度,当某些变动超过"阈值"时,自我调节便会失去作用,系统会偏离初始状态。

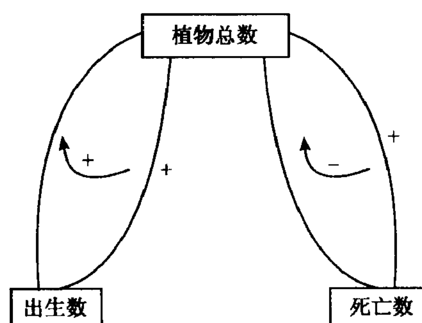


图 3.5 正负反馈环结合

3.4 自然地理环境的发展演化

自然地理环境从简单到复杂,从比较无序到比较有序,成为越来越复杂的耗散结构。这种发展具有不可逆性质,并将最终造成其结构与特征的根本改变。自然地理环境的发展演化可用表 3.1 所示。

表 3.1 自然地理环境发展演化检索表

<table>
<tr><th rowspan="2">宙</th><th rowspan="2" colspan="3">地质时代</th><th rowspan="2">距今年代
(百万年)</th><th rowspan="2">海陆变迁</th><th colspan="2">生物进化</th></tr>
<tr><th>植 物</th><th>动 物</th></tr>
<tr><td rowspan="15">显生宙</td><td rowspan="6">新生代</td><td>第四纪</td><td>全新世
更新世</td><td>0~1.75</td><td>喜马拉雅山
强烈隆升</td><td></td><td>人类出现</td></tr>
<tr><td rowspan="5">第三纪</td><td>上新世</td><td>1.75~7.0</td><td rowspan="3">亚丁湾、红海、
加利福尼亚湾等
海湾裂开</td><td rowspan="5">显花植物繁盛</td><td rowspan="5">高等哺乳动物</td></tr>
<tr><td>中新世</td><td>7.0~26.0</td></tr>
<tr><td>渐新世</td><td>26.0~37.5</td></tr>
<tr><td>始新世</td><td>37.5~53.5</td><td>北冰洋裂开</td></tr>
<tr><td>古新世</td><td>53.5~65.0</td><td>北大西洋扩展</td></tr>
<tr><td rowspan="3">中生代</td><td colspan="2">白垩纪</td><td>65.0~136.0</td><td>南大西洋裂开</td><td rowspan="2">被子植物出现</td><td>鸟类</td></tr>
<tr><td colspan="2">侏罗纪</td><td>136.0~192.5</td><td>南极大陆与非洲</td><td>爬行动物</td></tr>
<tr><td colspan="2">三叠纪</td><td>192.5~225.0</td><td>非洲与美洲分离</td><td>裸子植物出现</td><td>原始哺乳动物</td></tr>
<tr><td rowspan="6">古生代</td><td colspan="2">二叠纪</td><td>225~280</td><td>强烈的海西运动</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">石炭纪</td><td>280~345</td><td></td><td>蕨类植物繁盛</td><td>两栖爬行动物</td></tr>
<tr><td colspan="2">泥盆纪</td><td>345~395</td><td>加里东运动</td><td>裸蕨植物繁盛</td><td>两栖动物</td></tr>
<tr><td colspan="2">志留纪</td><td>395~435</td><td></td><td></td><td>鱼类</td></tr>
<tr><td colspan="2">奥陶纪</td><td>435~500</td><td></td><td></td><td>无颚类</td></tr>
<tr><td colspan="2">寒武纪</td><td>500~570</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

续表

宙	地质时代		距今年代（百万年）	海陆变迁	生物进化	
					植 物	动 物
隐生宙	元古代	晚前寒武纪	600～1000		菌类、有性生殖出现	
		上寒武纪	1000～2000		菌丝和绿藻出现	
		中寒武纪	2000～2500		单细胞、蓝绿藻出现	
	太古代	古寒武纪	2500～4500		细菌开始出现	

(一) 古代自然地理环境的一般发展过程

一般认为地球年龄约为50～70亿年，而已知最古老的岩石年龄未超46亿年。原始沉积岩石圈、大气圈、水圈和生物圈的初期阶段，可以追溯到距今25亿年前的太古代。

(1) 太古代早期(距今25亿年前)

地球表面已有许多小型花岗岩陆块，其间为深度不一的古海洋。地壳运动和岩浆活动广泛而又强烈，火山喷发十分频繁，“脱气”过程形成了大气圈和水圈。大气圈富含CO_2、水蒸气、火山尘埃、很少的氮和非生物成因的氧。陆地是炎热的、荒芜的。后期水圈中陆续出现了蛋白质、核酸、原核细胞、细菌和蓝藻，开始形成生命。

(2) 元古代(距今6～25亿年)

大陆地壳逐渐扩大、增厚，火山活动相对减弱，大气中CO_2浓度降低，游离氧增加。原核生物进化为真核生物，嫌气生物转化为好气生物，物种数量增多。植物经历第一次大发展，晚期出现了原始动物。造山运动多次发生，并使小陆块逐渐拼合为泛古陆。

(3) 古生代(距今2.3～6亿年)

泛大陆分裂，形成冈瓦纳、北美、欧洲和亚洲四个大陆。大陆分裂引起海侵，海生无脊索动物空前繁盛，海生植物出现向陆生植物过渡的迹象，鱼类诞生。加里东运动后，古欧洲与北美合并为一个大陆，海西运动后，欧美大陆和冈瓦纳古陆合并，晚二叠纪，亚欧大陆形成。至此，新的泛大陆宣告形成，海退现象相伴而生，鱼类和两栖动物达到旺盛，陆生植物日益繁荣，蕨类森林遍布各大陆。

(4) 中生代(距今0.7～2.3亿年)

自晚二叠纪起，泛大陆再次分裂，造山运动强烈，爬行运动繁盛之后又走向灭绝，鸟类、哺乳动物、被子植物欣欣向荣。

总的看来，古代自然地理环境的变化主要包括：

- 由构造运动引起的海陆变迁、陆地表面起伏程度的改变以及地面物质的大规模迁移；
- 作为气候变化表现形式的全球冷暖干湿变化，大气环流形势和气候带的改变；
- 上述各种变化结果的生物界的发展。

(二) 新生代自然地理环境的发展趋势

虽然古代的某些发展变化过程至今仍影响着现代自然地理环境，但它们作为历史过程中的一些环节，与现代自然地理环境毕竟缺乏直接的联系。因此，我们关注的重点是新生代，特

别是第四纪以来的环境发展或变迁过程。

现代自然地理环境就是通过新生代,特别是第四纪以来的发展变化逐步形成的。也可以说就是第四纪构造运动和气候变迁的直接结果。

第四纪强烈的地壳构造运动使新生代的海陆轮廓显著改观,古地中海消失,欧非两大陆进一步靠拢,现代大地貌单元基本形成,大陆平均海拔由新生代初的 300 m 增至 875 m。巨大的地势起伏影响了气候的变化,干扰了自然地理地带分布,而与巨大山系和高原伴生的盆地和平原因为形成比较发达的河湖水系则不断接受河湖沉积。构造运动造成的各种海底地貌对洋流、海水理化性质及水生生物也发生强烈影响。许多较古老的山系在经历准平原化过程而趋于夷平之后,又发生“回春”作用,地势相对高差再次增大。

高纬地区和中低纬高山地区发生了多次冰川作用,冰期与间冰期交替出现也是第四纪的显著特征。据研究,每百万年发生的冰川作用既达 20 次左右,冰期与间冰期的温差约 3～4 ℃或 6～10 ℃不等。冰期中,高纬度地区的大陆冰盖扩大,中低纬山岳冰川下伸,古冰川面积最大时,相当于现代冰川面积的 3 倍;间冰期温暖程度还略高于现在,年均温高 2～3 ℃。冰期与间冰期的交替出现,对自然地理环境造成了显著的后果,表现在气候带的移动、地表侵蚀和堆积状况、水文状况、有机界及土壤发生变化,海平面高度变化超过 100 m,海岸线位移达数百公里,厚层黄土堆积等许多方面。

最近 1 万年来的全新世时期,冰川大量消融,气候全面转暖,年均温上升 8～10 ℃,海平面大幅度上升,中低纬山地雪线抬升 1000 m 以上,自然地带向极地方向移动 5～10 个纬度,自然地理环境逐渐具备现代特征。但是这种变化具有显著的波动性。

人类的产生和发展是地球表层系统进化史上最近的重大飞跃。开始时人类只是天然系统中的一个普通消费环节,后来由于人类以社会生产的方式改变生态系统的能量和物质的输入、输出和流通转换,形成了独立的具有更为高级的耗散结构开放系统——人类生态系统(human ecosystem)。火的使用是人类第一次将大量的能量投入到生态系统中,自此以后输入的能量逐渐增多,人类生态系统的进化发展也越来越快。现在人类的活动已极大地改变了地球表层的面貌,人类的作用使具有耗散结构的环境系统进入了一个全新的发展阶段。

3.5 自然地理环境时间演化的基本特点

自然地理环境的发展演化是具有方向性和周期性特点的一个非常复杂的过程。这种复杂性主要表现在新的组成成分或要素的出现,以及由此导致的结构复杂化,沉积过程加强,岩石圈厚度增加,水圈含盐量增加和离子成分有规律的变化,大气成分发展质的变化,地貌复杂化和气候多样化,生物从低级形式向高级形式发展,新物种产生和一些旧物种灭绝,地域分异越来越显著等等。

Исаченко 曾试图揭示自然地理环境最重要的发展规律。他指出:首先,自然地理环境所有组成成分的发展都是相互联系的,因此组成成分发展的同时,成分间的物质和能量交换也得到了加强。其次,自然地理环境的发展具有前进式发展的特点,表现为新组成成分的陆续出现,太阳能的逐渐积累和自然界的地域分异日益强化。第三,发展是跃进式的,而非直线过程,周期现象并不决定主要发展方向。第四,纬度地带性作为普遍规律在整个发展过程中发挥了作用。最后,自然地理环境的发展是事物矛盾斗争的结果。其中,有机体对环境的适应和改造

起着特殊的作用。

自然地理环境系统的演化具有以下特点：

(1) 从简单到复杂，从无序到有序

自然地理环境演化过程中，地球表层系统的能量与物质逐渐以同心圆的形式分异，最初形成岩石圈、大气圈和水圈，随后又从无机环境发展到有机环境，形成生物圈。这样，地球表层中能量与物质的分布不均匀性增加。与此同时，太阳能在地球表层中的流通转化途径日趋复杂。最初只是在无机环境中以物理、化学的形式流转，以后被有机体固定转化，从而使地球表层提高了固定太阳能的能力，太阳能在环境系统内部不断积聚。自然地理环境作为一个开放系统，负熵流不断增加，积累着越来越多的自由能，使它不断进化，形成越来越复杂有序的耗散结构。然而自由能在地球表层中不是均匀分布的，从纵剖面看，在海陆表面积聚的太阳能最为丰富，向上向下都急剧减少，但它们的消散是逐渐的，因此，地球表层的边界有逐渐过渡的性质。

(2) 三大耗散结构类型

地球表层形成了三大耗散结构，即自然地理系统(physical geographic system)、生态系统(ecosystem)、人类生态系统(human ecosystem)。自然地理环境系统的演化就是这三大系统的进化发展。自然地理系统是生态系统的环境，生态系统是在自然地理系统中孕育发展的。由于有机体固定、转化太阳能，引入的负熵流比自然地理系统更多、更强，因此也更为有序，功能更强。

人类生态系统是以人为中心的生态系统，它与天然生态系统有本质的区别，是以人的社会生产与消费实现系统与环境的能量和物质交流及其在内部的流转。人类生态系统从天然生态系统中获取最重要的负熵流，维持人类生存所必须的食物等。人类将天然生态系统不断地改造成人工生态系统，譬如农田生态系统、牧场生态系统、城市生态系统。除此之外，人类生态系统还大量开发利用地球表层在过去地质历史时期积聚的太阳能，如煤、石油、天然气等。人类生态系统是生态系统进化的产物，由于它获取了更强的负熵流，形成了远比天然生态系统复杂有序的耗散结构，并且表现出比自然地理系统和生态系统高得多的进化速率。

(3) 三大耗散结构的联系

自然地理系统、生态系统、人类生态系统三者除了发生学上的联系外，在能量与物质交换方面也紧密相连。地球表层内的能量在三个系统中的流通途径是：自然地理系统→生态系统→人类生态系统。

当一个系统从另一个系统中获取负熵时，必然引起后一系统总熵的增加。生态系统的生产者自身固定太阳辐射能，增强了地球表层的负熵流，因此与自然地理系统是协调一致的。人类生态系统从环境中索取能量与物质，同时又将大量废弃物排放到环境中去，危害了生态系统和自然地理系统的正常功能，导致环境系统总熵增加，环境问题日趋严重。人类一方面从自然环境中获取能量和物质，另一方面又要克服生态系统和自然地理系统的退化，这是一对永恒的矛盾。但有矛盾才有发展，正是这对矛盾是推动人类社会改造环境、适应环境。

总之，自然地理环境随时间演化是一个不规则的螺旋状发展过程。它一方面不断地由简单向复杂、由低级向高级向前进化；一方面又不断地重演着相似的事件和过程。其中在周期性节律和生物生长节律过程中，自然地理环境维持稳定的组成、结构和功能；而在旋回性节律和生物进化节律的始末，自然地理环境发生大规模改组，出现“巨涨落”，原有的稳定系统遭破坏，而重新自组织出一个新的稳定系统，实现了系统的进化，这就是自然地理环境演化的基本特点。

复习思考题

3.1 论述自然地理环境发展的方向性。

3.2 何谓节律性？简要叙述节律性的表现形式。

3.3 何谓自然地理环境的稳定性？

3.4 举例说明正反馈环和负反馈环的概念。

3.5 为什么说自然地理环境的稳定性取决于正负反馈环的对比关系？

3.6 简述自然地理环境时间演化的基本特点。

3.7 辨析自然地理系统、生态系统和人类生态系统之间的关系。

第4章　空间地理规律

全球范围的自然地理环境是一个整体，但它的各个部分又存在着地域上的分异和组合。研究自然地理环境的地域分异和组合，揭示其一般规律性，是综合自然地理学的基本内容之一，而且正是对这一自然规律的揭示和研究才构成了本学科的诞生和发展。空间地理规律(regional rule)包括地域分异规律(rule of regional differentiation)和地域组合规律(rule of regional combination)。

4.1　自然地理环境的地域分异规律

自然地理环境是由各组成成分和要素构成的统一整体，但整体的不同部分，却经常表现出极为显著的特征差异。如南美亚马逊河及非洲刚果河流域因终年高温多雨而形成热带雨林景观，南极大陆和格陵兰岛却以突出的严寒而长期被大陆冰川覆盖，非洲的撒哈拉及欧亚大陆腹地则因极端干旱而出现了广阔的沙漠。这些都表明，地球表层自然地理环境的不同部分，都存在着显著的空间分异。

(1) 地域分异的概念

自然地理环境各组成成分及整个自然综合体，按照确定的方向发生分化，以致形成多级自然区域的现象，称为自然地理环境的地域分异(regional differentiation)。制约或者支配这种分异的规律，称为地域分异规律。地域分异是自然地理环境的基本特征之一，以至于自然地理环境不可能存在任何两个自然特征完全一致的区域。

地域分异不仅存在于自然地理环境中，在经济和社会人文诸方面都有表现，其中自然地域分异是地理环境的背景，经济、社会人文地域分异都在这个背景上发生，自然地域分异往往是整个地理环境分异的主导因素，或者是与之保持密切关系的派生现象。因此，自然地理环境地域分异的研究是地理环境综合研究的一个十分重要的方面。

(2) 地域分异的基本因素

影响地域分异的基本因素有两个：一是太阳能沿纬度方向分布不均及与此相关的许多自然现象沿纬度有规律的分异，这种地域分异因素称为纬度地带性因素，一般简称为地带性因素(zonal factor)；二是决定海陆分布、地势起伏、岩浆活动等现象的地球内能，使得大地构造、地貌分区和干湿度分区不沿纬线方向延伸，相对于"地带性"而言，称为非地带性因素(azonal factor)。

地带性因素和非地带性因素的能量都来自自然地理环境的外部，前者来自太阳辐射能，后者来自地球内部聚集的放射能，两种能源互不联系，互不从属，都作为外部条件对自然地理环境起作用，使景观和自然地理成分同时具有地带性特征和非地带性特征。

(3) 地域分异的尺度

地带性因素与非地带性因素是自然地理环境基本的分异因素，它决定自然地理现象的大规模分异。而在这两种基本地域分异因素共同作用下，还有派生的地域分异因素(温带干湿变

化)及局部的分异因素(地方气候)。如地方性的分异因素只是导致地球某一局部的分异,它同基本的地域分异因素完全不同。至于派生的地域分异,也是两种基本的地域分异因素共同作用下形成的。如温带大陆的湿润森林地区、半湿润森林草原地区、半干旱草原地区及干旱荒漠地区就是这种派生的地域分异因素的反映。

自然地理环境中,在基本的地域分异因素、派生的地域分异因素和地方性的地域分异因素的作用下,存在三种尺度的地域分异规律。如陆地与海洋之间的差异、大山系、大高原和大平原之间的差异等属于大尺度分异;河谷与邻近分水岭间的差异、丘陵阴阳坡的差异等属于小尺度差异;具有足够高度山脉的垂直地带性差异属于中尺度差异。

上述各种尺度的地域分异并不是彼此孤立的,而是互相间存在着密切的关系。一般说来,大尺度分异是中、小尺度分异的背景,例如,在某一纬度地带的山地丘陵地区,如拉丁美洲赤道带的安第斯山,其基带为热带作物带,从山麓到山顶依次又出现了暖带咖啡带、温带谷物带、原始森林带、高山草地带、永久积雪带等垂直带性差异。反之,通过某地小尺度区域分异的比较和概括,也可以反映出高级的大尺度分异规律。

自然地理环境在不同尺度分异规律的作用下,分化为一系列等级和规模不同的区域单位。大尺度分异形成等级高、范围大的区域,在其背景下,中、小尺度的分异又形成级别渐低、范围渐小的区域,使地球表面形成一个由多等级区域单位构成的复杂的镶嵌体系。

(一) 全球性的地域分异规律

地带性因素和非地带性因素是造成全球性地域分异规律的基本原因。这种地域分异规律之所以称为全球性的分异规律,就是因为它的规模是全球性质的。全球性地域分异有 4 种表现形式:海陆分异、热力分带、海陆起伏和大陆外形格局。

1. 海陆分异

地球的板块构造使地球表面分成四大洋和七大洲。海洋和陆地是自然地理环境的基本分异,它不仅表现海洋和大陆的强烈对比,构成明显不同的陆地生态环境和海洋生态环境,并且通过海陆间的相互影响,造成次一级的地域分异。

全球大陆分布成为相对应的三对:欧洲大陆与非洲大陆、亚洲大陆与澳洲大陆、北美和南美,南极大陆是独立分布的。大洋与大陆呈相间和对蹠分布的特点,大西洋、印度洋和太平洋三个大洋分布于三对大陆之间,北冰洋与南极大陆呈对蹠分布。这种分布形式表面上呈"四面体",但是沿地球的腰部,欧洲与非洲之间的地中海,亚洲与澳洲之间的南洋海群,南、北美之间的加勒比海,形成一个下陷腰带,因此,固体地球的形状颇似北极"在下"南极"在上"的葫芦体。

海陆分布的形成主要是地幔软流圈长期对流的结果,重力说、地壳均衡说、大陆漂移说、海底扩张和板块构造说都曾给予解释。所以海陆分异的基本因素是地球内能。软流圈的对流作用可以使大洋中脊两侧的大洋板块向外侧扩张,沿大洋中脊不断有深部物质溢出,构成推动板块的主要动力。大洋板块与大陆板块接触时,俯冲于大陆板块之下,形成了大陆外围的岛弧和海沟。

海陆分异的全球规模还表现在:

(1) 海洋面积比大陆大得多。

(2) 陆地大部集中于北半球(占北半球的 39%)(图 4.1),这一特点是造成南北半球气候差异的重要原因。

(3) 若把地球表层分为陆半球和水半球，陆半球的海洋也将比陆地所占面积大(52.7%)。

由于世界上两个最大的大洋——太平洋和大西洋是近于南北走向的，所以由海陆引起的分异主要方向是沿纬线按经度从沿海向内陆发生变化的。

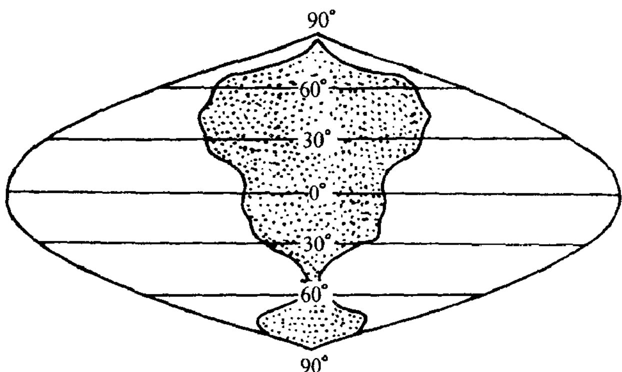


图 4.1 大陆和大洋沿纬度带分布的概括图式

2. 热力分带性

地表的热能主要来自太阳能，地球获得太阳能的数量决定于日地距离、太阳光线对该地区的入射角及太阳光线经过大气圈时所发生的变化。由于地球是一个球形体，太阳入射角与一个地方的地理纬度关系很大。低纬度的入射角大，高纬度的入射角小，因而太阳辐射能量在高、中、低纬的分布也就不同(表 2.1)。太阳辐射随纬度不同而发生的热力分带性具有全球规模，是一种全球性的地域分异规律，不论在大陆还是在海洋，这种热力分带性都有明显的表现，它决定着气温、气压、湿度、降水、风向等要素在地表呈带状分布。

海陆分异形成的基本因素是地球内能，而热力分带性形成的基本原因是太阳能按纬度分布的不均。两种能一个来自地球内部，一个来自太阳，作用于地表，太阳能引起许多自然现象按纬线方向延伸、南北方向发生更替；地球内能引起的海陆分异大致沿经线方向延伸，从沿海向内陆发生变化。

3. 海陆起伏分异

对地球固体部分不同高度区间进行统计，绘成海陆起伏曲线，可以清晰地反映出地表总的起伏分化(图 4.2，表 4.1)。可以看出，地壳形态可分为 6 类：山地和高原、平原和丘陵、大陆棚或大陆架(0～200 m)、大陆坡(200～2500 m)、大洋盆地和深海沟。

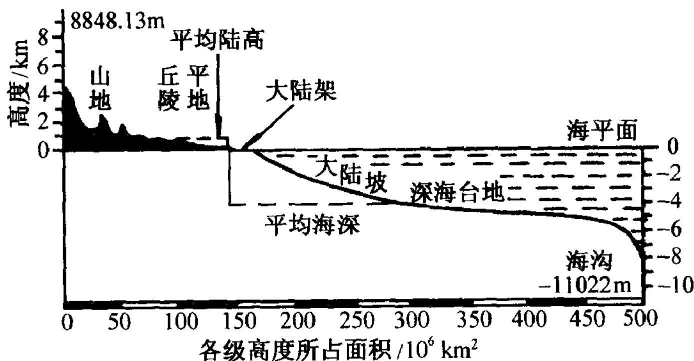


图 4.2 海陆起伏曲线

表 4.1 地球上不同高度和深度所占面积比较

陆 地(h/m)	各级高度所占面积		海 洋 (深度/ m)	各级深度所占面积	
	$S/10^6$ km^2	占地表面积/(%)		$S/10^6$ km^2	占地表面积/(%)
3000 以上	8.5	1.6	0～200	27.5	5.4
3000～2000	11.2	2.2	200～1000	15.3	3.0
2000～1000	22.6	4.5	1000～2000	14.8	2.9
1000～500	28.9	5.7	2000～3000	23.7	4.7
500～200	39.9	7.8	3000～4000	72.0	14.1
200～0	37.0	7.3	4000～5000	121.8	23.9
0 以下	0.8	0.1	5000～6000	81.7	16.0
			6000 以上	4.3	0.8
	148.9	29.2		361.1	70.8

高山区和海沟所占面积都不大，陆地的高度大都低于 1000 m，而大洋深度大部分在 3000～6000 m。大洋底部和陆地表面成为地壳表面两个高度相差极大的水平面，即地球固体部分可分为两个最大的地貌形态：大洋盆地(平均深度 3800 m)和大陆(平均高度 875 m)，呈独特的巨大高原形状的大陆，平均高出世界大洋底部 4675 m。海陆起伏显然属于全球性的区域分异。

4. 大陆外形格局

全球性地域分异，还表现在所有大陆的外形多呈三角形，呈尖端指向南方。环太平洋构成地震-火山带，西太平洋为岛弧分布区，海沟主要分布于大陆边缘，南北大陆之间基本上为“地中海”带，连同亚洲大陆南部的“古地中海区”，也是活动造山带，地震、火山分布带。

上述全球性地域分异，除热力分带性属地带性分异外，其余属于非地带性分异。

(二) 大陆和大洋的地域分异规律

在整个自然地理环境分为大陆和大洋的基础上，大陆和大洋内部也各有自己的地域分异规律。

1. 大陆的地域分异规律

大陆的地域分异规律是贯穿整个大陆的，按其形成因素可分为两类：纬度地带性和经度省性。

(1) 纬度地带性规律

纬度地带性规律，是指自然地理环境组成成分及自然综合体大致按纬线方向延伸而按纬度方向有规律的变化。它是地带性分异因素——太阳能按纬度方向呈带状分布所引起的温度、降水、蒸发、气候、风化和成土过程、植被等呈带状分布的结果。这些组成成分相互作用组成的自然地理综合体，按纬线延伸而按纬度方向有规律变化，在自然地理学中很早就称之为地带性规律，所以地带性(zonality)就是指纬度地带性。

但在 1921 年，俄国学者 Комаров(科马罗夫)提出了有机体分布的“经度地带性”概念，后来又有人提出“水平地带性”(horizontal zonality)的概念，使之与垂直带性相对立。Комаров 的“经度地带性”的本意是反映植被在大陆西岸、内陆和东岸的不同分布现象。这种现象是客观存在的，应该得到反映。不过这种现象存在的原因最主要的是海陆的存在，而不是太阳能按

纬度分布的差异，所以称这种现象为“经度地带性”是不恰当的，它混淆了地带性的本质。水平地带性本来就是指纬度地带性，但后来把纬度地带性与“经度地带性”都包括在水平地带性中，与垂直带性对立，也是从现象出发，不追求这种现象形成原因的一种表现。

大陆的地带性规律在海洋为大洋地带性规律所代替。虽然一个大陆的地带可以在另一个大陆重复出现，但大陆自然地带被大洋所切断，代之以海洋自然带。最明显的自然地理地带，如苔原地带、泰加林地带、赤道雨林地带，都具有横跨整个大陆的特点。

纬向的地势构造带常与气候生物土壤地带结合，往往造成地理上的重要界线，例如阴山-天山地势构造带与气候生物土壤结合，成为温带和暖温带的重要分界，更为明显的是秦岭山地与气候生物土壤地带结合，成为暖温带与亚热带的重要地理界线，还有如南岭，也是重要的地理界线。

(2) 经度省性

经度省性(longitudinal provinciality)，又称为干湿度地带性，是指自然地理环境各组成成分和整个自然综合体，从沿海向内陆按经度方向发生有规律的更替。从海岸到大陆内部，气候状况、植物群落及土壤类型都有规律的变化。在大陆东岸、大陆西岸和大陆内部各有自己独特的地带组合或地带谱，据此，在大陆范围内可以划分为自然大区(sector)，如欧亚大陆的东亚季风大区、西欧大西洋大区和欧亚草原荒漠大区等，它们是大陆范围内经度省性的反映。

大陆范围内的经度省性主要与非地带性分异因素有关。由于海洋和大陆的存在以及由它所引起的海陆环流是经度省性存在的重要原因。大地构造-地势及古地理条件往往加强经度省性的分异。经向方向延伸的大地构造-地势单元，如乌拉尔山、科迪勒拉山、安第斯山、大兴安岭-太行山等都成为海陆汇流的障碍，往往成为气候干湿的重要分界线，因而常成为大陆东岸大区、大陆西岸大区和大陆内部大区的明显界线。中国综合自然区划所划分的湿润地区、半湿润地区、半干旱地区和干旱地区都是经度省性的表现。从以上分析可以看出，经度省性的形成因素是取决于地球内能的非地带性因素，所以称这种规律为“经度地带性”，或将它与纬度地带性一起称为水平地带性都不能反映地带性与非地带性的本质。“经度地带性”这个术语是不确切的，应该淘汰。

大陆的地带性分异图式，实际上是纬度地带性和经度省性共同作用的产物。因此，地带界线除在大平原区基本上与纬线方向平行外，在某些地方可与纬线斜交，地带宽度也可以变窄或变宽，在地貌变化急剧处，或者“大陆性地带”转变为“海洋性地带”的地方，地带将发生尖灭或间断，欧亚大陆中部的大陆性草原地带和荒漠地带，均在大陆东西两岸转变为海洋性森林地带时发生了尖灭，而中纬森林地带只分布于大陆东西两岸，在大陆内部发生了间断。与此同时，某些“经度省性”表现明显的地区也包含着纬度地带性的表现，形成不同热量带的自然地带的南北组合，如中国东部季风区。

因此，实际表现的地带性分异，并非纯粹的纬度地带性，而总是不可避免地叠加了干湿度地带性的影响，可以称为水平地带性。水平地带性的分布图式可分三类：

- 某些大平原或低山丘陵区，特别是大陆内部的大平原，呈现纬度地带性分异，如欧亚大陆内部的南北分异。
- 干湿度占优势的地方，呈现“经度省性”，如北美大陆西部。
- 当海陆分界线与纬线斜交，而且热量分异和干湿分异同时起作用时，水平地带可与纬线斜交，如中国华北、东北的水平地带即是。

2. 大洋的地域分异规律

大洋的地域分异规律是贯穿整个大洋的，按其主要形成因素又可分为两类：表层纬向自然带和底层自然区域，也就是地带性和非地带性的表现。

(1) 大洋表层纬向自然带

大洋表层纬向自然带主要是气候地带性即太阳辐射、温度、风向、降水等的地带性引起的大洋的温度、洋流、盐度和含氧量差异，以致海洋生物也有相应的区别，从而引起大洋表层自然综合体，按纬线方向延伸而按纬度方向有规律的变化。此处所指的大洋表层，是指大洋表面以下 200 m 深的范围。这里的水能进行垂直环流和水平环流，因而得到强烈的混合，洋流的水深达 100～200 m 左右，由于太阳能可以透射到 200 m 深处，因而大洋表层是绿色植物集中带，它是大洋的基本生产部分，也是大洋的消费者——大洋动物最集中的部分。

大洋表层纬向自然带由于受寒流、暖流影响而与纬线略有偏斜，但由于海洋表面比陆地表面更加均一，所以海洋自然带比陆地自然带更为平直。Богтанов(波格丹诺夫)将世界海洋划分为 11 个自然带(图 4.3)。

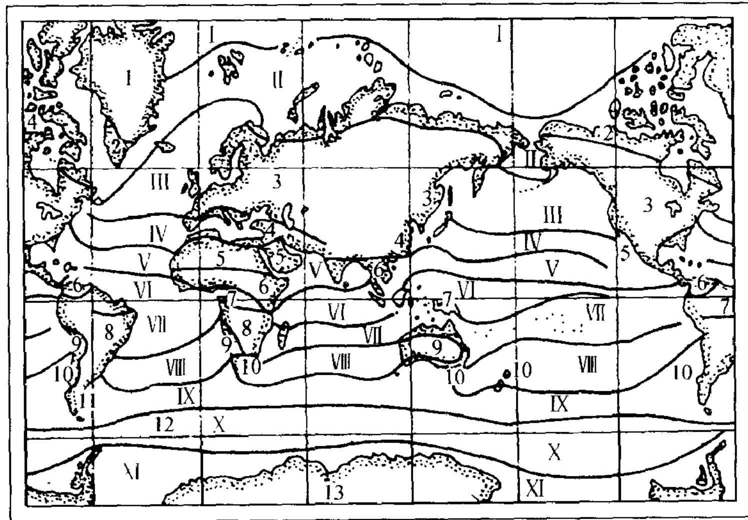


图 4.3 世界大洋表层自然带

大洋自然带	大陆自然带	大洋自然带	大陆自然带
Ⅰ. 北极带	1. 北极冰封荒漠带	Ⅵ. 赤道带	7. 赤道森林
Ⅱ. 副北极带	2. 副北极苔原和森林苔原带		8. 热带亚热带森林草原
Ⅲ. 北温带	3. 温带泰加林带、阔叶林和草原带	Ⅶ. 南热带	9. 热带草原及热带沙漠
Ⅳ. 北亚热带	4. 地中海硬叶林和湿润亚热带	Ⅷ. 南亚热带	10. 干燥的和湿润的亚热带
Ⅴ. 北热带	5. 热带沙漠	Ⅸ. 南温带	11. 温带无林带
	6. 热带稀树干草原	Ⅹ. 副南极带	12. 副极带
		Ⅺ. 南极带	13. 南极大陆冰封带

(2) 大洋底层自然区域

大洋底层的自然区域是水圈和岩石圈相互接触所形成的水下自然综合体。这里水中溶解的气体、盐类和水底有机体相互作用，进行着水底的风化过程，形成各种海底软泥。海底软泥是跟陆地上土壤差不多的物质，这里也有海底生物有机体。

大洋底层自然区域随海底地形及距岸远近，发生有规律的更替，底栖生物有机体和海底软

泥因而也发生有规律的变化。这种更替实际上是水下自然综合体随深度及距岸远近而发生的有规律的变化。由于大洋底部太阳能的影响微弱，所以大洋底层便不表现地带性规律，而海底地形是大洋底层自然区域分异的直接因素。

大洋底层的非地带性规律，首先表现于在底部中央为基本上呈南北延伸的大洋中脊和岩浆溢出带，而两旁为大洋盆地；其次，大洋底部从海平面到海底分化为大陆架、大陆坡、大洋盆地和深海沟等海底地貌类型，由此导致海洋景观发生相应变化。

(三) 区域性地域分异规律

区域性分异(regionality differentiation)包括由区域性大地构造-地貌分异引起的景观分异、省性分异(provincial differentiation)和带段性分异(belted zone differentiation)三种类型，仍然是一种大尺度的地域分异。

1. 区域性(大地构造-地貌规律性)

对区域性分异作狭义理解，或可称为纯粹非地带性的大地构造 地貌分异，也就是相应于一定大地构造单元的地势地貌分异。每一大地构造区域不仅具有地质发展史和地质构造的组合共同性，而且具有岩性组合的共同性，有时可能以一种或几种岩性的组合占优势，并且有共同的地貌表现，如大山系、大平原或大高原。地理学家可以着重利用那些具有地势地貌分异共同性的大地构造作分区方案，但不能忽视大地构造单位可能具有埋藏特点而与地表的地势地貌分区不相符的情况。例如，鄂尔多斯台向斜内部分化为陕北台凹和东胜台凸，与地表分化为陕北黄土高原丘陵沟壑和鄂尔多斯风沙高原的分异并不一致。故相对于大地构造分异而言，地势地貌分异对地表其他组成成分具有更直接的影响，更能形成景观的差异性。

总之，大地构造-地貌分异可形成不同等级的区域单位，如西西伯利亚低地、中西伯利亚高地、青藏高原、蒙古高原、黄土高原、四川盆地、山西高原、大同盆地等等。它们都有自己比较一致的地质基础，但占据的空间差别十分悬殊。中国的东部季风区、西北干旱区和青藏高原区三个大区是由最大一级的大地构造-地貌分异单位构成的自然大区。塔里木盆地、云贵高原、黄土高原、天山山系是次一级分异单位，山西高原、四川盆地则是更次一级的分异单位，其内部还可作进一步划分。

2. 省性分异

省性分异和带段性分异是地带性和非地带性因素共同作用的结果。

Мильков(米尔科夫)把"省性"理解为地带性条件下的非地带性，即地带性单位内的非地带性分异，尤其偏重于自然地带范围内的非地带性分异。省性可在任何级别的地带性单位中得到表现，因此，它也具有不同的等级规模。

热量带范围内的省性分异是最大一级的省性，苏联地理学家 Герасимов(格拉西莫夫，1905～1985)称其为"相性"。赤道带的气候省性差别不显著；热带形成了西岸信风气候、内陆干旱气候和东岸季风气候的差别；亚热带形成了西岸地中海气候和大陆内部亚热带荒漠和草原气候、东岸夏湿冬干的季风气候的差别；温带形成了西岸西风气候、大陆温带荒漠和高原气候、东岸季风阴湿气候的差别等等。热量带内的气候省性通过干湿度差异对其他自然地理要素和自然地理综合体的特点产生巨大的影响。大洋洋流对热量带的气候分异也有影响。洋流的分布差异，实际上也可视作大洋热量带内省性分异的表现。

一定地带性单位内的大地构造-地貌分异，是地质地貌的省性分异。它一方面常常强化气

候省性分异，另一方面又常常与气候省性分异相结合造成综合性省性分异。例如，以综合省性分异为依据，欧亚大陆温带可分为西欧、东欧、俄罗斯平原、西西伯利亚低地、中西伯利亚高原、东西伯利亚山原、远东沿海等区域。

省性在自然地带内也有明显表现。如中国亚热带作为欧亚大陆亚热带中段，又可以分为南、中、北 3 个自然地带，其中的中亚热带具有最明显的省性分异：东部浙闽沿海区是台风侵袭范围，降水比较均匀，夏季有暴雨；湘赣中部在副热带高压控制时出现伏旱、春寒和春末夏初的阴雨影响很大；西部川、黔一带降水比较均匀，降水强度不大，气候比较阴湿；云南高原为冬干夏湿的南亚季风气候。

3. 带段性分异

带段性指非地带性区域单位内的地带性分异。由于这一规律在自然地带内有明显的表现，故称为带段性。这种段性自然地带都不能横跨整个大陆，而仅成为自然地带的一段，因而它不是整个大陆的地域分异，而是大陆内部区域性的地域分异。带段性在温带纬度上的表现最为典型，在大陆边缘和大陆内都有不同的表现。

大陆东岸的带段性十分明显，它不仅与大陆内部的地带段不同，而且与大陆西岸也不同。如中国东部、北美东部、澳大利亚东部都是如此。欧亚大陆东岸和北美东岸由北向南，带段的排列顺序是：温带针阔叶混交林暗棕壤地带-暖温带落叶阔叶林棕壤地带-亚热带常绿阔叶林红黄壤地带，这些地带段都只延续于大陆的东部边缘。

大陆内部地带段性的表现是围绕大陆的干旱中心，大致呈马蹄形分布。如欧亚大陆从北向南的带段分布是：温带森林草原黑土黑钙土地带-温带草原栗钙土地带-温带干旱荒漠地带等，表现出大陆内部所特有的地带段。此外，在澳大利亚大陆、非洲大陆、北美大陆和南美大陆都有这种内陆地带段的表现。

大陆西岸由于海陆相互影响的性质不同，带段表现较为特别。如欧亚大陆西岸的地带段的排列顺序为：温带针阔叶混交林暗棕壤地带-温带阔叶林棕壤地带-地中海常绿硬叶林褐土地带等。大陆东西两岸带段性的差异，主要是受大陆东西两侧洋流的不同性质（暖流和寒流）和流经路线不同所致。

（四）中尺度地域分异规律

中尺度地域分异包括由高原、山地和平原内部的地势地貌分异引起的区域分异、地方气候差别引起的区域分异和垂直带性分异 3 种类型。

1. 由高原、山地和平地内部地貌分异引起的区域分异

由地质构造形成的大高原、平原和山地内部仍然有分异。例如，华北平原从东部沿海向西可分 5 部分：渤海沿岸是海滨平原（由滦河三角洲、黄河三角洲和渤海西岸平原组成），向西是一个断续的、沉积物相对较少的交接洼地带，再向西是冲积平原，之后又有一个交接洼地带，最后是冲积洪积扇。这五部分不仅地貌有差别，土壤、植被、人类经济活动特点也有很大差别。但地貌分异是主导因素，其他成分的分异都或多或少在它的影响下发生的。

继续向西可以看到进一步的过渡，太行山麓的丘陵与盆地相间分布区，地形切割和水土流失均较严重，干旱也较严重。再向西是山麓丘陵分布地区，之后是太行山地（太行山本身也有内部分异）。再进到山西高原，又有山地和河谷平原之分。到吕梁山地，同样有中尺度的地貌分异。

上述华北平原和山西高原内部的地貌地势分异说明，任何大平原和大高原都绝不可能具

有几何平面性质，其内部不可避免地出现地势起伏。同样，任何高大的山系，也都不可能保持一成不变的海拔、相对高度和完全一致的山文特征，也会发生地势地貌分异。中国的许多山系，如天山、祁连山、昆仑山等都具有海拔高度向东递降的趋势，这一分异最终导致了山地东部和西部的许多自然地理要素、山地垂直带谱结构和整个自然景观的显著差异。

2. 地方气候差异引起的地域分异

地方气候(local climate)对地域分异的影响也属于中尺度地域分异范围。海岸气候、湖区气候、森林气候、城市气候等都属于地方气候。在地方气候的影响下，往往形成特殊自然地理环境，可见地方气候对地域分异是有一定影响的。

海岸气候的特点是相对湿度较高，也有些地方海岸气候比较特殊。例如，非洲大陆西岸，位于信风带内，东北信风是离岸风，不能带来降水，因此荒漠一直分布到海边。但是在热带大陆西岸沿海地带，当信风吹到海洋，把表面的海水吹走，深海冷水上升，促使气温降低，在海面上形成一个冷空气层，上空则有一个逆温层，因而可形成相对湿润的特殊海岸气候。

湖泊的存在，蒸发的影响使气候比较温暖润湿，同周围陆地的局地性气候不同，称为湖泊气候。由于湖泊与陆地热力差异，使湖面气温变化和缓，湿度大，多夜雨，形成以昼夜为周期变化风向的湖陆风。另外，湖区的冬季和夜间近地面大气层不稳定，多雪暴天气。

森林和灌区的气候，可以使相对湿度和温度发生变化，虽然不一定增加降水量，但森林可通过保持水土、调节河流流量以及保持自然环境和生态等的影响而在自然环境的区域分异中起重要作用。

城市气候(urban climate)形成的主要原因是下垫面发生了变化，绿色植被大部分被建筑物、沥青或水泥路代替。另外，居民的生产、生活使热源大幅增加，工业生产使大量工业烟尘和微粒进入大气。城市气候的主要特点是：

(1) 气温高、形成所谓"城市热岛"(urban heatisland)。

(2) 湿度低、气温高和地面蒸发少。

(3) 风速小、下垫面糙度大，"乡村风"。

(4) "雨岛效应"，凝结核多、热岛效应强、下垫面糙度大、上升气流强烈，都有利于增加降水。

地方风也影响地方气候，区域在平流天气影响下，受到地形影响，可以产生特殊的地方风。地方风对自然地理环境的地域分异有特殊的影响，地方性风如焚风、布拉风、狭谷风等。如新疆的阿拉山口是一个西北-东南向谷地，长 100 km，是冷空气进入新疆的重要通道，八级以上大风日可达 150 天。山口风蚀区，形成了所谓的"风城"。

总之，地方气候差异可以引起其他自然地理成分及自然景观整体的地方性分异，有时会起主导作用。

3. 垂直带性

垂直带性(vertical zone)是指自然地理综合体及其组成成分大致沿等高线方向延伸，而随山势高度发生带状更替的规律。

形成垂直带的根本前提是构造隆起和山地地势；直接原因是山地气候条件(水热及其对比关系)随高度发生的垂直变化。垂直带性既受地带性因素的影响，又受非地带性因素的影响，但它既不同于地带性规律，又不同于非地带性规律，是两种因素相互作用的区域性地域分异规律。

必须指出，山地达到一定高度以后才可能有垂直带的表现。基带以上垂直带出现的高度，温带一般大于 800 m；热带一般在 1000 m 以上。如珠峰南翼，1000 m 以下为基带季雨林带，

1000～2500 m 为山地常绿阔叶林带。如果山地隆起的高度不足以引起自然综合体及其要素的急剧变化，就不可能出现垂直带。

垂直带性与纬度地带性有某些相似之处，因为两者的直接原因都是因水热对比关系不同而引起的变化。如珠峰南坡，从低到高，可出现山地季雨林带-山地常绿阔叶林带-山地暗针叶林带-山地灌丛带-亚高山草甸带-高山寒冻风化带，经雪线再往上就是冰雪带。在湿润气候条件下从低纬到高纬，从热带到北极，可观察到热带雨林地带-亚热带森林地带-常绿阔叶林带-针阔混交林地带-针叶林地带-冻原地带-冰雪地带等。可见，两者变化规律有相似性。然而两者产生的原因是有差别的。太阳辐射入射角随纬度发生的变化引起太阳辐射按纬度分布差异是地带性产生的主要原因；而水热对比关系随绝对高度发生变化是垂直带产生的主要原因。温度随高度的递减是由于远离作为大气热源的地面所引起的，与同高度自由大气间的热交换是山地热量损失的主要因素。况且，两者变化速率也不一样，一般垂直方向上每上升 100 m 下降 0.6 ℃；而水平方向上却要向北变化 100 多 km，才能降低 0.6 ℃，纬度递减率是高度递减率的千分之一。

垂直带受纬度地带的影响，表现为每一纬度带只要山势隆起达到一定高度，都可以是垂直带的基带。如长白山地处温带针阔混交林暗棕壤带，其基带就是针阔混交林暗棕壤地带，赤道雨林地区山地的基带是赤道雨林，向上依次过渡至高山冰雪带。

垂直带受经度省性的影响也很清楚，这从天山中段北坡与东段北坡垂直带的比较中就可以发现(表 4.2)：

表 4.2 天山中段北坡与东段北坡垂直带的比较

中段北坡	东段北坡
3600 m 以上为永久积雪带	
2700～3600 m 为高山草甸带	2300～2850 m 为森林棕褐土带
1500～2700 m 为针阔混交林棕褐土带	1500～2300 m 为干草原栗钙土带
1500 m 以下为草原栗钙土带	1500 m 以下为荒漠与灰棕漠土带

由表可以反映出，同一高度上中部比东部稍为湿润些。这是因为天山水气主要来自大西洋，中部降水多于东部所致。

各垂直带的更替顺序及其组合形式称为垂直带谱(或垂直结构)。往往垂直带谱既反映纬度地带性的影响，又反映经度省性的影响。不同的纬度地带，垂直带的数量及同一类型的垂直带出现的高度不同。在低纬度垂直带的数量多，而向高纬度逐渐减少，如珠峰南坡有 7 个，长白山有 4 个，极地就只有 2 个。在不同纬度地带内，同一类型垂直带出现的高度从赤道向两极逐渐降低。如山地针叶林带，珠峰南坡在 3100～3900 m，长白山在 1100～1800 m，小兴安岭在 800 m。

通常，在每一个纬度地带内，山体的高度超过雪线以上者，才能有本纬度地带内完整的垂直带谱。由于雪线是指永久冰雪带的下界，其高度受当地气温和降水的影响，一般气温高的地方雪线也高，而降水多的地方雪线也低，因此雪线高度常常是气温与降水综合作用的结果。

垂直带的另一个重要界线是郁闭森林分布的上界，常称之为树线(tree line)或森林上限。在其下发育着以乔木为主的郁闭的森林，以上则是无林带，发育着灌丛或草甸，常形成垫状植物带。森林上线的高度，除了决定于气温和降水外，强风对它也有影响。最热月份平均气温

10 ℃的等值线与森林上限相吻合，最热月份平均气温大于10 ℃的地方为森林带，小于10 ℃的地方为无林带。

综上所述，垂直带是在山势构造上升及纬度地带性因素与经度省性因素共同作用下形成的，它不同于纬度地带性规律，也不同经度省性规律，而是属于中尺度的地域分异规律。

有些文献中把纬度地带性、经度省性和垂直带性三者合称为基本地域分异规律（或称"三维地域分异规律"）。此外，有些地理文献中，把反映地带性特征为主的地域称为显域性地域，而把反映非地带特征为主的某些低平地域（如沼泽、草甸、盐碱地等）称为隐域性（intrazonality）地域。隐域性地域分异固然受非地带性因素控制，但同时也受地带性因素影响，如沼泽在不同地带的具体属性不同，因此，隐域性可看做是水平地域分异中派生的规律，是叠加了地带性因素影响的隐域性现象。由此推论，垂直带性也可视为另一种隐域现象，因为由于地势起伏引起的垂直地带性本身是非地带性现象，而各带谱的特征又反映出水平地域分异的规律。

（五）小尺度的地域分异规律——地方性分异

自然地理环境大、中尺度的地域分异是纬度地带性、经度省性及垂直带性"三维规律"支配的，而在局部地区的小范围内，其分异则突出地受到地方性所支配。

1. 地方性概念

地方性（locality）是指在地带性和非地带性规律共同作用的基础上，自然地理环境由于局部因素引起的小范围的地域分异规律性。地方性分异是自然地理环境中最普遍和最低级的地域分异。我们在野外考察时，所能最直接观察到的往往就是地方性差异现象，因此，有关地方性的研究具有更为普遍的实际意义。

2. 地方性分异因素

在中尺度地域分异的背景上，引起地方性分异的局部因素主要是局部地形的差别、小气候的差别、岩性土质排水条件的差别以及人类活动的影响。虽然这些因素都在一定程度上相互作用、互相联系着，但在不同的分异背景下，它们各自具有不同的演进方向和强度，但其中的某一方面可构成主导的分异因素，支配着局部地区自然地理环境的分异。

（1）局部地形引起的分异

在局部范围内地形的高度、坡形、坡向、坡度及其组合关系决定了不同地貌部位环境的差别。例如，从河谷低处走向分水高地，地貌形态相对地发生这样的变化：河床-河漫滩-阶地（可能有数级）-谷坡-山坡-山顶。由于不同地貌部位具有不同的高度、坡形、坡向和坡度等，因而构成了各自一定的环境分异基础。而且局部地貌自然的分异进一步引起了地表物质与能量的再分配，从而影响了植被、土壤的地方性分布。

局部地形对植被分布有很大的影响，因为地形的细微变化也会引起水分状况的变化，从而引起矿物养分、盐类等的变化。一般自然环境中高地较干、低地较湿，植物就按照生态序列沿斜坡排列，从高处较喜干的种类到低处较喜湿的种类，或从高处的贫瘠种类到低处的养分较多的种类等等，构成一个生态系列。局部地形的分异作用在干旱、半干旱地区尤为明显，因为那里每一滴水对植物都很重要，甚至几厘米的地形微小起伏都会引起植被显著的改变。在中纬度和高纬度的山区，因坡向不同往往引起水热条件的差异，而出现不同的植物群落。

地形对水分和热量再分配作用也影响了土壤特性。在同一地区内，不同地形有着不同的土壤水分状况和土壤湿度，从而影响物质的机械组成和地球化学分异过程，使土壤形成过程表

现出地方性分布规律。如华北平原，由山麓到滨海地带依次出现褐土、草甸褐土、草甸土、滨海盐土等。

(2) 小气候引起的分异

小气候(microclimate)的形成起因于下垫面的局部差异，其中主要的是地形的差异，它对小气候的影响主要表现在坡向、通风条件和霜冻等方面。在野外工作时，阴、阳坡的差异以及迎风、背风坡的差异常可通过植被的差异表现出来。

当然，小气候分异因素并不完全被地貌部位所控制，而自己具有相对独立性。山谷风虽由地貌原因引起，但其影响并不限于某一地貌部位，而可大大加强整个山地河谷的通风条件。海陆风所形成的小气候条件具有更大的相对独立性，形成沿海岸地带较好的通风条件。

局部地形与小气候条件结合在一起，共同制约了局部地方的干湿状况，这是地方性分异的重要因素。不同干湿程度的局部环境决定了不同的生活条件，相应地形成不同的植物群丛，也就构成了小范围的地域分异。

(3) 岩性、土质和排水条件引起的分异

岩性和土质的差异也是一种地方性分异因素。土壤中的矿物质部分来源于岩石的风化产物(土质)。不同性质的岩石风化后，土质的机械组成、矿物质组成、酸碱程度等不同，因此发育的土壤性质不同，从而引起生物生境的差异。例如，在华北的气候条件下，石灰岩风化的山坡土壤呈碱性，那里多生长柏树；花岗岩风化的山坡土壤呈酸性，那里多生长松树(油松)。

土质的差异还包括了沉积物分相的不同，沉积相的差异往往受到地形的很大影响，因为坡度不同的地形部位大体具有不同的沉积特征。但是土质在地域分异上也表现出相对独立性，原因是沉积物的机械组成也影响潜水的分布状况。例如，黄河下游的泛滥冲积平原，其中沙丘、沙垄地段，排水良好，地表堆积的细粉沙在冬季常随风移动，自然植被是稀疏的旱生沙生草类；而在浅平洼地上，潜水接近或出露地表，排水条件差，常有滞水现象，土壤潜育化和盐碱化明显，自然植被多为水生草本植物和耐盐碱的草类和灌木丛。这样的沙丘、沙垄和滞水盐碱洼地是黄河下游泛滥冲积平原两种突出的地方性景观。

(4) 人类活动引起的分异

人类活动对自然地理环境的地方性分异作用是非常明显的。其随着农业发展和都市化引起自然地理环境的剧烈变化，现代人类活动已成为一种重要的地貌营力，它可改造自然的地表形态，造成如农田、道路、矿场、水库等新的环境。在人类聚集的地方，精耕细作的农业、放牧或城市化几乎完全处于人类的支配之下，这些地方自然植被已被人工植被代替，自然土壤也让位于耕作土壤。人类还有将植物和动物从它们固有的环境迁移到别的陆地中而影响自然环境变化的方式。

3. 地方性分异规律

地方性分异有系列性(seriality)、微域性(microscopic structure of region)及坡向性(exposure)三种规律。

(1) 系列性

系列性是指由于地方地形的影响，自然环境各组成成分及单元自然综合体按确定方向从高到低或从低到高有规律的依次更替的现象。苏联植物生态学家Keller(凯勒尔)称这种现象为生态序列，他应用生态序列法清楚地表明，哪些植物对于某种生境或某种土壤来说是较典型的，以显示它在综合生态类型中生长发育得最好，而由于对某种植物具有减弱作用的生态因

子，使得该种植物发育不良，而逐渐被另外合适的植物所代替。

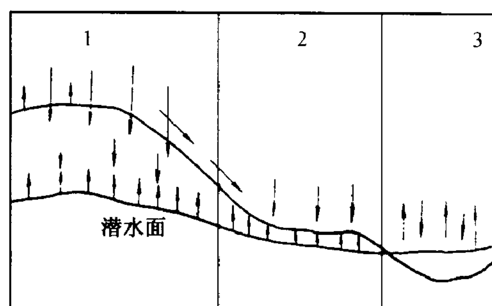


图 4.4 Полынов 单元景观

1. 残积处境(自成单元景观)；2. 水上处境；3. 水下处境(后两者均为从属单元景观)

在景观地球化学中，Полынов 根据化学元素的不同迁移条件划分的单元景观基本类型：残积处境、水上处境和水下处境(图 4.4)，是从另一角度反映地形的垂直分化系列的。元素的这一从高到低的迁移规律，是受地形的垂直分化制约的，残积单元景观分布在分水岭上，水下单元景观分布在局部的积水区，从局部分水岭到局部积水区组成完整的地球化学联系。

在此，需要明确两个基本概念——“生境”和“处境”。“生境”(habitat)，是指生物及其群体定居地段的所有生态因子的总体，这些生态因子对生物生活起直接的作用，如光、热、水、空气。“处境”(place)，则指该地段在地形中的位置(地形要素、绝对高度、相对高度、坡向、地表坡度)及地面组成物质所决定的各种条件的总和。不同处境获得不同数量的太阳能，地面组成物质也不同，潜水深度、水分平衡、矿物质收支都不一样。虽然处境对生物生活起间接作用，但它会通过改变大气圈低层的光、热、水、气及土壤而影响生境。

系列性在不同的自然地带内有不同的表现，例如在温带半湿润地区黑土地带内，依次为黑土、草甸黑土、暗色草甸土；而在暖温带半湿润地区褐土地带，依次为褐土、草甸褐土、浅色草甸褐土。不同的自然地带虽然具有不同的垂直分化系列，但如何自然地带，无论在平原，还是在山地，都存在这种垂直分化系列，来表现地带内的地方性分异规律。

(2) 微域性

微域性是由于受小地形和成土母质的影响，在小范围内最简单的自然地理单元既重复出现又相互更替或呈斑点状相间分布的现象。微域性在半湿润或半干旱地区，在没有切割的平原地形中表现最明显。

这里所说的自然地理单元就是景观，它是最基本、最低级的自然综合体，是地貌部位、小气候、岩性或土质、地表或地下排水条件、土壤和生物群落等自然地理要素内在联系最紧密的地段，是一种综合性最强、差异性最小的自然地理单元。

不同类型的景观在一定的地域内有规律地结合，便形成组合型景观。景观组合有两种基本形式：递变阶梯式组合和递变环带式组合(图 4.5)。前一种组合(a)多出现在山麓、丘陵坡

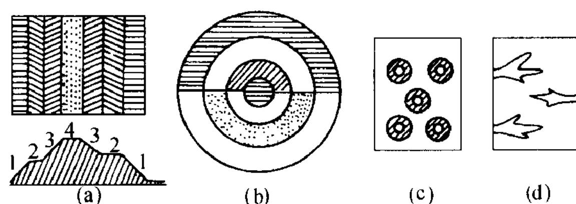


图 4.5 组合型景观和经常重复型景观

(a) 递变阶梯组合(山坡或海岸)；(b) 递变同心环带组合(孤峰或湖盆)；(c) 分布有浅凹地的草原；(d) 遭受冲沟切割的台地

地、平原区的缓起伏平地以及沿海地区；后一种组合(b)多出现在孤立突起的山顶、浑圆状的山丘和湖盆地区。当然复杂的自然地理环境中景观组合的形式并不限于这两种。

组合型景观按照一定的规律，在一定的范围内重复出现，这种地域单位称为重复型景观(图 4.6)。例如，在黄土丘陵区，可以观察到河床、河漫滩、高低阶地、切割冲沟、黄土墚峁等景观从河谷到丘陵有规律组合，且此种组合在一定范围内可以重复出现，这种性质又称为复区性。

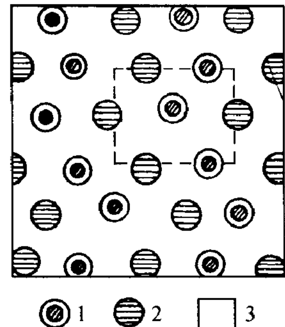


图 4.6 经常重复型景观及其表现面积
1～3 分别代表三种不同的土地类型

微域性的这种既重复出现、又依次更替或呈斑块状均匀分布的组合分布图式，称为土地类型的质和量的对比关系。所谓质的对比关系是指在一定范围内有哪些土地类型，它们的差别和关系如何？所谓量的对比关系则指每一种土地类型在该范围内所占的面积及其比例。

(3) 坡向性

坡向分异对局地分异有重要影响，这种影响不只是涉及到小气候，也涉及到水文状况、植被及土壤状况。比如北半球南坡比北坡能接收较多的太阳辐射能，融雪也比北坡早，使南坡土壤水分迅速蒸发，因而也较为温热干燥，形成南坡植被比北坡稀疏，土壤覆盖较薄，含水也较少。

南北坡所组成的自然地理最小单元有明显的差异。南坡比平亢地具有更南方的特点，北坡比平亢地具有更北方的特点。这种现象不论在中纬度还是在高纬地区都有明显的反映。

坡向的分异作用在植物地理学中很早就有论述。Aleushin(阿略兴)称这种坡向的作用为先期适应法则，这一法则指明："北方的喜湿植物过渡到南方的向北坡和谷底，南方的植物在向北推进时过渡到更温热的向南坡地。"

(六) 地域分异规律的相互关系

在地带性因素和非地带性因素共同参与下，不同尺度的地域分异规律作用的结果，大陆区域分异的平面结构，水平地带与垂直带性的相互关系，以及地域的空间结构，都表现得极其错综复杂。

1. 相互关系

地域分异规律由于其作用范围不同而分为不同等级(尺度)。我们按地域分异规律的形成因素及作用范围分成 5 个等级：即全球尺度的、大陆和大洋尺度的、区域尺度的、中尺度的和地方尺度的。各地域分异规律之间的关系如图 4.7。

全球尺度的规律，其热量分带和海陆对比是地球表面第一级分异规律，它是受基本的分异因素即地带性因素和非地带性因素制约的。热量分带是受太阳能沿纬度分布不均决定的，而海陆对比是受地球内能决定的。

整个大陆和整个大洋尺度的分异规律属第二级分异规律。先以大陆来说，纬度地带性规律是在热量带基础上的进一步分异，是比热量带规模小的分异。但其内部，生物、气候、土壤比热量带更趋统一；经度省性是整个大陆在海陆强烈对比的基础上进一步分异的结果，这一规律存在的先决条件是海陆的分异，没有海陆分异，就没有经度省性。所以经度省性也是海陆分异基础上的进一步分异。至于大洋尺度的地域分异，由于人们对它的认识远不如对大陆的认识，

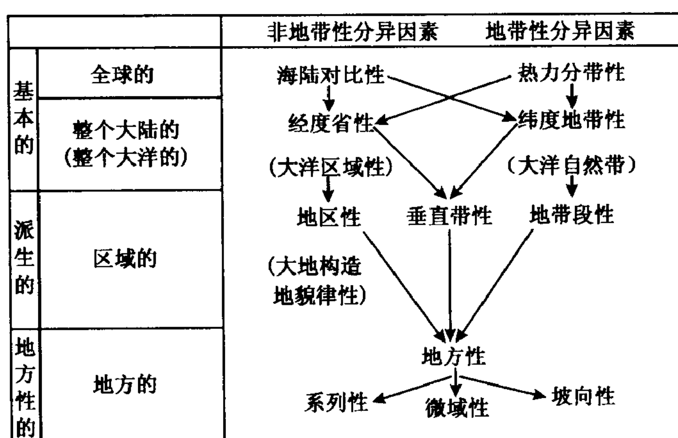


图 4.7 地域分异规律相互关系

因此目前仅划出海洋表层自然带，它反映海洋表层的纬度地带性分异规律。而海洋底层区域性分异，由于受地球内能所引起的海底起伏的制约，是在海陆分异的背景上发生的，属大洋内部的次一级分异。

以上全球范围的海陆分异、热量分带，及大陆范围的纬度地带性、经度省性以及海洋范围内的海洋表层自然带和海底自然区域都属于基本的分异规律，它们是在基本地域分异因素直接作用下的产物。全球范围内的热量分带、大陆范围内的纬度地带性以及大洋范围内的大洋表层自然带，虽然作用范围和等级不同，但它们都是在太阳能沿纬度分布不均的地带性因素直接作用下形成的；而全球范围内的海陆分布、大陆范围内的经度省性及大洋底层的自然区域，则仅反映着岩浆活动、构造运动等地球内能的分异作用。

区域性的分异规律是在两基本分异因素的相互作用下形成的。带段性是地带性因素在非地带性因素作用下产生的变型；区域性(大地构造-地貌规律性)省性分异是非地带性因素叠加了地带性因素的影响；至于垂直带性也是地带性因素与非地带性因素相互作用的结果，它与带段性和区域性一样，属于基本分异因素相互作用下派生的分异规律。

中小尺度的分异(地方性分异规律)是在地带性与非地带性相互作用的背景上，在地带内部或在自然区内部的分异规律。

2. 大陆地域分异的平面结构(纬度地带性与经度省性的关系)

在各地域分异规律的作用下，大陆区域分异的平面结构表现得极其错综复杂。由于世界各大陆的位置、面积和轮廓互不相同，所以不能以某一个大陆为标准进行论述，只能根据各大陆的共性假定一个理想大陆进行分析论述，当然所谓假定也不是任意的，而是根据各大陆基本轮廓的相似性和地域分异的实际情况进行假定。

在地理文献中假定的理想大陆图式主要有两种：一种是比较简单明了的卵形理想大陆图式(图 4.8)；另一种是 Макеев(马克耶夫，1956)提出的比较复杂而详细的长方形理想大陆图式(图 4.9)。两种图式相比较，前一种图式突出了大陆轮廓的相似性，后一种图式则突出反映了大陆上地域分异的实际情况。

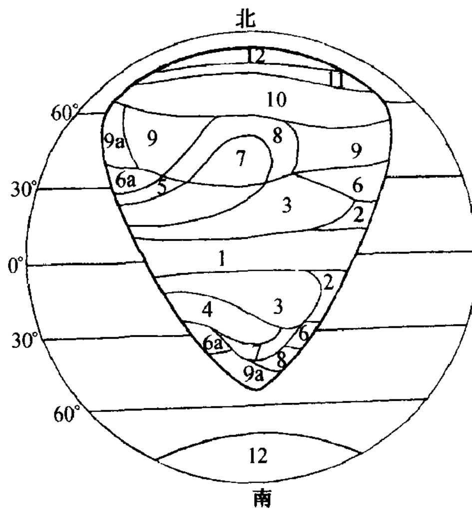


图 4.8 卵形大陆理想模式

1. 赤道雨林地带；2. 热带季雨林地带；3. 热带稀树草原地带；4. 热带荒漠地带；5. 亚热带荒漠草原地带；6. 亚热带森林地带，6a. 地中海地带；7. 温带荒漠地带；8. 温带草原地带；9. 温带阔叶林地带，9a. 温带海洋性森林地带；10. 寒温带针叶林地带；11. 苔原地带；12. 冰原地带

Макеев的理想大陆图式把大陆的水平自然带概括为27种类型，按地带谱的性质分为海洋性地带谱和大陆性地带谱。海洋性地带谱分布于暖流经过的沿岸带，大陆性地带谱分布于大陆内部和寒流流位的海岸。

大陆水平自然带的更替规律归纳为以下几点：

(1) 南半球和北半球的地带谱基本上是对称的；

(2) 环球分布的自然带只限于赤道、高纬度和极地，其他纬度出现了东西递变的非纬度地带性变化，即从沿岸森林、经草原到内陆荒漠的干湿度地带变化；

(3) 海洋性地带谱中，基本上都是各种类型的森林地带，到两极过渡为苔原地带；

(4) 大陆性地带谱主要出现于大陆内部，自荒漠带开始，经草原、泰加林和苔原地带过渡到极地冰雪严寒地带。泰加林作为在温带大陆性气候条件下生长的森林，在西岸发生尖灭，在东岸变窄；

(5) 在寒、暖流发生分流的大陆西岸，出现特殊的海洋地带-地中海地带，这里有冬湿夏干的地中海气候及与之相应的常绿硬叶林。

大陆水平地带更替是纬度地带性与经度省性综合作用的结果，纬度地带性主要决定了温度(热量)，经度省性决定了干湿度，因此水平地带更替与水热系数密切相关的。

Бубыко和Григолъев提出了辐射干燥指数$A=R/Lr$，并确定了A与自然地带分布的关系(表2.2)，苔原(<0.35)、森林(0.35～1.1)、草原(1.1～2.3)、半荒漠(2.3～3.4)、荒漠(>3.4)。同时R的绝对值也有很大意义。从图4.10可看出，森林景观的各种不同类型便是根据R绝对值差别区分出来的。

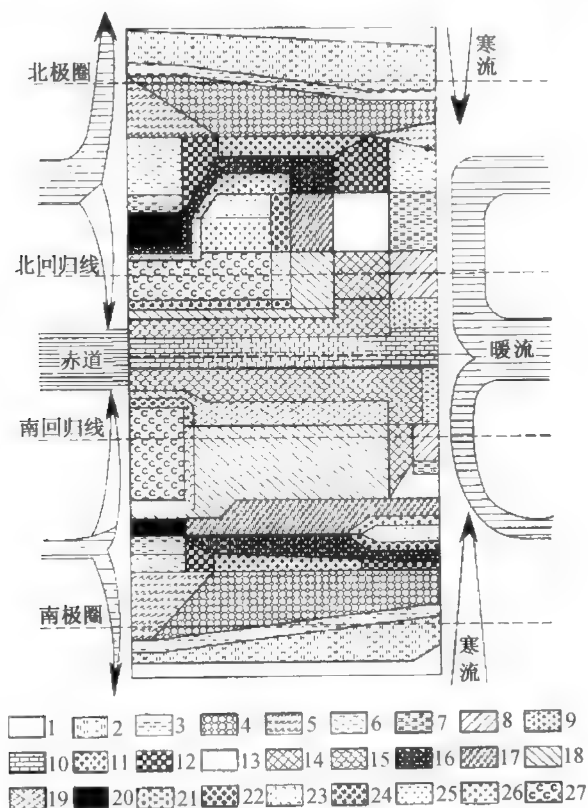


图 4.9 Макеев 理想大陆模式

1. 长寒地带；2. 苔原地带；3. 森林苔原地带；4. 泰加林地带；5. 混交林地带；6. 阔叶林地带；7. 半亚热带林地带；8. 亚热带林地带；9. 热带林地带；10. 赤道雨林地带；11. 桦树森林草原地带；12. 栎树森林草原地带；13. 半亚热带森林草原地带；14. 亚热带森林草原地带；15. 热带森林草原地带；16. 温带草原地带；17. 半亚热带草原地带；18. 亚热带草原地带；19. 热带草原地带；20. 地中海地带；21. 温带半荒漠地带；22. 半亚热带半荒漠地带；23. 亚热带半荒漠地带；24. 热带半荒漠地带；25. 温带荒漠地带；26. 半亚热带荒漠地带；27. 亚热带荒漠地带

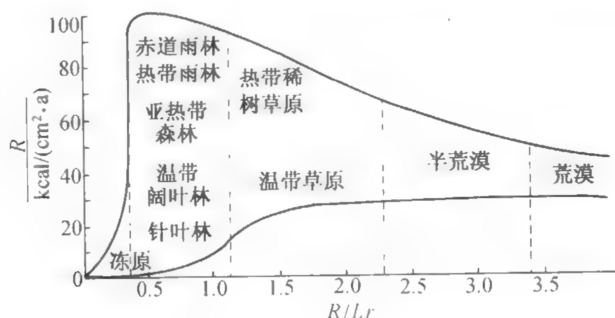


图 4.10 自然地带与水热条件的关系

另外，Бубыко 和 Григолъев 把净辐射(R)与干燥指数(A)结合起来，发现了全球水平地带分布规律和地理地带周期律(表 4.3)。

表 4.3 地理地带周期律

$A-\frac{R}{Lr}$ \ $\frac{R}{4.2\ \mathrm{GJ/(m^2\cdot a)}}$	Ⅰ列	Ⅱ列					Ⅲ列	Ⅳ列	Ⅴ列
	<0	0～1/5	1/5～2/5	2/5～3/5	3/5～4/5	4/5～1	1～2	2～3	3～4
	极其过度湿润	过于湿润				湿润适中	湿润稍有不足	湿润不足	湿润极其不足
<0	万年积雪	—	—	—	—	—	—	—	
0～210（北极、亚北极、中纬度）		Ⅱa 北极荒漠	Ⅱb 苔原	Ⅱc 北泰加和中泰加林	Ⅱd 南泰加和混交林	Ⅱe 阔叶林和森林草原	Ⅲ 草原	Ⅳ 温带半荒漠	Ⅴ 温带荒漠
210～315（亚热带）			Ⅵa 有大量沼泽的亚热带森林	Ⅵb 亚热带雨林			Ⅶb 亚热带草原 / Ⅶa 亚热带硬叶灌木林和灌木	Ⅷ 亚热带半荒漠	Ⅸ 亚热带荒漠
>315（热带）			Ⅹa 沼泽占绝对优势的赤道森林	Ⅹb 强沼泽化的赤道森林	Ⅹc 中沼泽化的赤道森林	Ⅹd 向稀树干草原过渡的赤道森林	Ⅺ 热带稀树干草原	Ⅻ 热带半荒漠	ⅩⅢ 热带荒漠

总之，水热对比关系是水平地带更替的主要原因。但在具体场合下，有些地方热力分异具有更大的意义，因此水平地带具有更强的纬度地带性质，如亚欧大陆内部、北美大陆内部的地带变化。有些地方水分分异具有更显著的作用，使水平地带具有更强的干湿度地带性质。有些地方则存在着过渡状况，水平地带界线斜交于纬线和经线。大陆西岸中纬度偏北和大陆东岸的中纬度地区，就经常出现斜向地带更替现象。

3. 水平地带和垂直地带性的关系

垂直带分异的基本前提是气温随海拔增加而降低，且降低速度与由赤道向两极的变化相比要快得多。水平地带的宽度以百公里为单位来度量，而垂直带的幅度一般只有几百米。

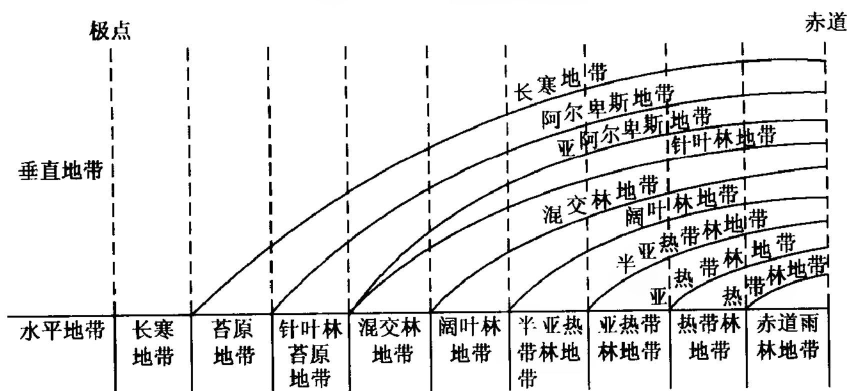


图 4.11 海洋性水平自然地带系统中的垂直带理想模式

不同纬度地带具有不同的垂直带谱，其中的基带把垂直带与水平地带联系起来。两者的关系 Макеев 将其分为海洋性和大陆性两种情况。只有海洋性情况下，垂直带才可基本上重

复水平自然地带系统(图 4.11);而在中纬度特殊干旱、半干旱大陆性垂直带谱,基带从草原或荒漠开始,向上由于降水增加,局部转变为森林带,因此称为草原荒漠垂直带性谱(图 4.12)。

图 4.12 大陆性水平自然地带系统中的垂直理想图式

4. 高原地带性分异规律

景观要素在许多高原上发生水平分异的现象早已被许多学者注意到。例如青藏高原上年均温、活动积温从南向北递降,年平均降水量从东南向西北递减,植被和土壤在同一方向出现地带性更替,雪线、森林带、高山草甸带等垂直带界线的高度自南向北降低等等。这些说明,纬度地带性和经度省性在青藏高原上都有鲜明的表明。Troll Carl 的高原"三维带性"(the three dimensional zonality)指出,高原的自然地带南北方向依纬度变化,东西方向依环流形式变化,垂直方向依海拔高度变化(郑度,1979;图 4.13)。

图 4.13 青藏高原自然带三维空间变异示意图

(据郑度,1979)

所谓三维带性,是指以三维的坐标轴来表示自然地理环境的空间分布,用函数表示为:

$$S = f(W, J, G)$$

式中,S 表示任何一个地点的自然地理环境,W 为纬向变化因素,J 为经向变化因素,G 为高度变化因素。

在平原地区,G 为常数或接近于常数,函数式可简化为 $S = f(W, J)$。在面积不大的山地,W、J 可视为常数或接近于常数,函数式可简化为 $S = f(G)$。

但是，青藏高原的自然地带和低海拔区相应的水平地带有着质的差别。陈传康等(1993)对于高原的地带性问题还有些新的认识：

(1) 高原地带与同纬度低海拔水平地带的本质差别在于两者具有完全不同的热量背景。后者的热量状况决定于该地带所处的地理纬度，而高原地带的热量特征则同时取决于高原的海拔和纬度位置。因此，高原地带较之同纬度的低海拔自然地带，总是具有"偏向极地"的热量特征，植物区系也表现出偏向极地的性质。

(2) 高原地带乃是高原边缘山系某个上部垂直带，因为地貌形态由山地转变为高原面、宽广的山间盆地或谷地面极大扩展后的一种平面表现形式。因此，地貌形态由山地转变为高原是形成高原地带性的前提。例如，藏南谷地灌丛草原地带，无非是雅鲁藏布江两侧谷坡垂直带中的灌丛草原带在这个纵谷中的扩展。

(3) 扩展了的垂直带，由于在地面上占据了比较广阔的面积，因而表现为水平地带，并成为高原内部山地进一步发生垂直分异的基础，即高原内部山地垂直带谱的基带。如青南高寒地带即是唐古拉山北坡垂直带的基带，柴达木山地荒漠地带是祁连山南坡和东昆仑山北坡垂直带的基带。

(4) 既然高原地带在本质上是由山地垂直带在高原面上扩展而成，那么除了低海拔平原区的纬度地带和经度省性外，任何处于垂直带谱自下而上第二带及其以上的带，只要有可能扩展成为水平地带，即可视为高原地带。由此可见，就有一个高原地带最低高度限制问题需研究。

(5) 在广大的高原上，打着垂直带烙印的高原地带，同任何纬度和经度省性一样，必然发生水平方向的分异。这种分异的原因不是或至少主要不是因高度变化而造成的温度差别，而是纬度辐射因素和降水量的地区分布差异。因此，这是一种十足的水平分异。青藏高原大部分地区的地带性分异即属这一类型。

(6) 高原地带的展布。既然所有高原地带都是边缘山脉垂直带扩展而成，它们就很少可能在单一方向上发生更替，而必然表现为自高原边缘向内部辐合。但是，因为任何高原都不可能是圈形，内部山脉走向不一致，地势屏障作用不同，大气环流系统存在区域差异等等，导致高原地带分布图式的复杂化，地带辐合中心不可能正好是高原的地理中心。自然地带从边缘向内部辐合，乃是高原地带性规律的重要特征之一。

5. 地域分异规律研究的意义

地域分异规律是客观存在的，人类利用和改造自然必须考虑地理环境的客观分异规律，遵循因地制宜的原则，才能合理利用和改造自然。

"中国农业发展纲要"为不同地区规定粮食产量的主要根据之一就是地带性规律。自然区划工作与农业生产、交通、工程建设的密切关系也已为地域分异规律的实践应用证明。

山地利用必须考虑整个垂直带谱系列，每一垂直带的利用都只是合理利用山地的一个环节，任一垂直带都不能充分反映整个山地自然条件和资源的多样性。

山地农业的发展也具有明显的垂直带分异。山区的某些背风谷地比较干旱，而中山带的夷平面由于降水量增多，却可能相当湿润，上下垂直带在降水上的这种差别，可以互相调节。干旱年份上部垂直带丰收，丰水年份下部垂直带丰收，因而可以互相平衡，减轻旱涝灾害对总产量的影响。

集约化农业地域类型的形成就考虑到了景观组合状况与大农业的相互配合关系。如珠江

三角洲的桑基鱼塘就是一个很好的例子。

在牧业地区,处境的镶嵌结合还有利于倒场放牧。毛乌素沙区的牧民,便普遍有“天旱滩地,雨涝墚地,夏牧滩地,秋牧墚地,冬天放巴拉、柳湾地”的放牧经验。这是因为天旱时墚地牧草生长不好,滩地牧草却较丰茂;夏季沙地气候干热,而滩地地形开阔,通风良好,是牲畜抓水膘的主要草场。墚地地势高,雨涝时既无水淹之患,且雨水滋润,牧草生长旺盛;秋季牧草结籽,气候凉爽,是牲畜抓膘的场所;冬季气候严寒,巴拉、柳湾地沙丘起伏,温暖避风,能保证牲畜安全越冬。根据不同处境的地貌、水文和牧草生长季节变化倒牧,是当地合理利用现有草场的有效办法。

总之,处境的组合方式,即土地类型质和量的对比关系,对当地农牧业生产构成、土地利用方式构成、牲畜种类构成、土壤改良措施构成等都有影响。适于发展牧业的土地类型多、面积大,牧业在农牧业生产构成中所占的比例必然也大;适于种植业的土地类型比例大时,种植业在生产构成中的比重也将增大。

(七) 地域分异实例研究

研究一个区域的特征,必须从地域分异规律出发,搞清区域分异规律,对编写综合自然地理调查报告很有意义。这种调查报告以区域自然特征的描述作为开篇。区域综合自然特征不应该是部门自然特征的汇编,而应从其综合特点中地带性和非地带性特点和地域分异、地表结构及对其他成分的影响等方面进行描述。当然,这种描述必须建立在分析各自然地理成分特征和其相互关系的基础上。

现将鄂尔多斯自然区划中进行这种综合分析的方法介绍如下:

一、地带性特征和分异主要描述

1. 温度的地带性分异特点,可按平均温度、7月、1月温度和积温等进行描述。

2. 降水的地带性分布特征。

3. 水热条件对比关系的地带性分布特征,即用水热指数作对比分析。通过对气候资料的整理,可以列出区域气候特征表。

4. 水热分异对土壤植被的影响,可对比已有的土壤植被材料,查明气候、土壤、植被的相互关系,从综合自然地理角度得出结论。这里不仅土壤、植被有地带性规律。地貌形态,砾石组成和外貌都有地带性分异。例如:1) 砾石的干裂现象。因为气候干燥,砾石可以炸裂。干裂现象在东部只在沙地上出现,在西部则广泛分布;2) 砾石的碳酸钙沉积,在东部很薄,并且只发生于壤土地区,而在西部可以形成整层碳酸钙壳;3) 石灰岩砾石的表面形态(包括砂礓)。沙漠地区石灰岩砾石表面,既有溶蚀的痕迹又有风蚀痕迹。东部由于晚上露珠较多,溶蚀沟较深,而西部较浅,表面像脑信,故称脑信石;4) 风棱石在东部基本缺失,而西部有之,说明西部风蚀作用更强烈。

最后,还可根据地带性分异特征提出该区域的热量带、自然地带和自然亚地带的划分方案。这样,地带性特征和分异的描述非但不会与自然要素特征描述重复,而且可在其基础上加以提高。

二、非地带性特征和分异主要描述

1. 地质基础。首先是大地构造单位,特别要注意大地构造单位与地貌区域划分的关系,分析有地貌表现的大地构造特征;如鄂尔多斯台向斜,可分为东胜台凸和陕北台凹两部分。它

们主要是埋葬构造，在地貌上反映不突出。因此，在划分地带性单位界线时不必受构造界线的限制。

2. 岩性的分布规律。鄂尔多斯地台地表广泛分布白垩纪砂岩，河谷切割部分有侏罗纪砂岩分布。

3. 沉积物分布规律。要把基岩风化区和黄土分布区分开。在沙地应把成片“沙漠”分开。

4. 地势起伏规律。高地、平原、洼地和丘陵都应分开。地貌可根据地形图及航片判读，亦可在实地考察中获取第一手资料。

三、地表结构

地表结构主要是指地貌及水系的组合情况，首先，分析地势和水系，编绘地势水系图。其次是掌握山文水系分布特点，然后再讨论地表结构对土壤、植被的影响。地势高温度降低，可以形成局部低温。例如，东胜台凸最高处在东胜附近，这里就形成一个局部低温中心。向风坡与背风坡的差别也要查明，背风坡雨影区降水量少，向风坡降水量多，这种差别即是由地表结构的差异形成的。还要考虑地方风系的影响，在沙漠地区尤其要注意这一点。再次，搞清从分水岭至河谷的地表结构变化，特别是土壤、植被的相应变化。这是一种中小尺度区域分异规律。例如，鄂尔多斯沙地在中尺度地域分异之下，沙地地貌、植被、土壤的相互关系。

总之，综合自然地理调查报告的自然特征部分不能机械拼凑自然要素特征，而应该在它的基础上加以提高。此外，自然和经济也要联系在一起加以描述，尝试从区域的自然、经济综合特点出发，对地理条件及其分异进行农业综合评价。

4.2 自然地理环境的地域组合规律

与自然地理环境的地域分异规律不同，地域组合规律(rule of regional combination)是另一类空间地理规律。如果说地域分异是从高级单位分化成低级单位的现象，那么地域组合就是根据不同低级自然单位之间的相互作用和空间联系，合并成高级自然单位的现象。反映这种低级自然单位组合成高级自然单位的客观规律，称为地域组合规律。

过去很长时间，更多的是重视自上而下的地域分异规律，对自下而上的地域组合规律缺乏总结。自然界自上而下的分异与自下而上的组合本来就是客观存在的事实，对这种现象都应该有所反映。地域分异是从全球水平开始逐级分化成大陆大洋水平、区域水平和地方水平；地域组合却是从局部水平的组合开始，经地带水平的组合，到区域水平的组合，一直可以组合为全球水平。

因此，地域组合规律就包括了局部水平的组合性、地带水平的组合性和区域水平的组合性等。

(一) 局部水平的组合性

局部水平的组合性是由于地方地形的影响，各单元景观(残积单元景观、水上单元景观和水下单元景观)发生相互作用和空间联系，形成独具特色的不同单元景观的有规律的组合，其结果是形成一个比单元景观更为复杂的异质性的单元——自然区(图 4.4)。

从图 4.4 可以看出，不同的单元景观并不是孤立的，而是有空间联系和相互作用的，正是这种相互作用和空间联系，才使得这些不同单元能够合并成一个更复杂的综合体。

这里的空间联系和相互作用，是指通过地表水、地下水的流动使各单元景观间发生的联系；指通过气流活动引起的局部环流带来的水汽在各单元景观间传输，空气迁移元素如C、H、O、N在各景观单元之间的交换，以及花粉、孢子在各单元景观间的传播；也指通过水的活动引起的元素的迁移。当然，植物种属在各单元景观间的传播及动物种属的往返活动也是空间联系的一种表现形式。上述种种空间联系及相互作用都是以物质运动的形式表现出来的，如水的流动、空气运动及生物的迁移等，但这些运动都是以太阳能作为动力基础的，都是太阳能量转换的不同形式，因而可以说局部水平的组合，是由物质和能量交换连接起来的自成单元景观、水上单元景观和水下单元景观的特有组合。这正是低级自然单元合并成高级自然单元的理论依据。

(二) 地带水平的组合性

地带水平的组合性是根据自然区间的相互作用和空间联系，把在地带性部位上与大气候相适应的植被与土壤一致的自然区合并成自然地带。

在地带性部位上(即标准立地，或残积处境)，植被与土壤同当地大气候条件相适应，其实质是大气候与植被和土壤之间的相互联系和相互作用，这是在垂直方向上的垂直联系和相互作用。这种土壤-植被-大气(SPAC)的垂直联系，主要是绿色植被利用通过大气的光、热、水和气体(主要是CO_2)和土壤中的水分和养分制造成有机质。其水平联系和相互作用，主要是相邻自然区和自然区之间的热、水交换，以及动、植物种属之间的传播和分布。由于同一个自然地带内不同自然区的地带性部位有相同的大气候条件，与之相适应的动、植物种属必然首先在这里定居，这就使不同自然区在一个地带范围内联系起来，然而在非标准立地或地带内(水上处境或水下处境，异常处境)的植被和土壤与地带性部位的植被与土壤可以很不一致，甚至在一个地带内可以有垂直带出现。

因而可以说，自然地带是由不同自然区合并成的异质性更复杂的单位，而只在地带性部位才具有同质性。

(三) 区域水平的组合性

区域水平的组合性是由于大规模的热量交换和水分循环的影响，使各不同的地带段发生相互作用和空间联系，形成地带段的特有组合，其结果是组成比地带段更为复杂的异质性单位——自然地域。

大地构造-地势单元往往加强这种组合性，使这种组合有更清楚的界线。如温带、寒温带范围内的明亮针叶林棕色灰化土地带、针阔混交林暗棕壤地带、森林草原黑土地带与草甸草原黑钙土地带，根据热量交换和水分循环的特点合并成东北区域；在暖温带，落叶阔叶林棕色森林土地带、半干生落叶阔叶林淋溶褐土地带、半干生落叶阔叶林与森林草原褐土地带及干草原黑垆土地带，根据热量交换和水分循环的特点合并成华北区域，都是这种区域水平组合性的表现。当然，大地构造-地势单元对这种组合的界线总是起着一定的控制作用，如大兴安岭对于东北区域，秦岭山脉对于华北区域都是重要的分界线。

区域水平的组合，由于形成历史上的原因，常常在动物区系和植物区系上有明显的反映，如东北区系、华北区系、华中区系、华南区系的界线与东北自然区域、华北自然区域、华中自然区域及华南自然区域等都大体一致。

由单元景观合并成自然区，自然区组成自然地带，再由地带段组合成自然区域，这就是不同的低级区域单位合并成高级区域单位的组合规律。

复习思考题

4.1 试以本地的实际情况为例，说明地域分异的概念。

4.2 什么是地域分异的基本因素，它们之间有何关系？

4.3 辨析地带性、经度省性和水平地带性3个概念。

4.4 辨析带段性和省性分异。

4.5 带段性分异与地带性有何联系与区别？

4.6 省性分异与干湿度地带性有何联系与区别？

4.7 垂直地带性分异与水平地带性分异的联系与区别是什么？

4.8 区域性地域分异有哪些类型，其主要特征是什么？

4.9 如何理解高原地带性分异规律？

4.10 理想大陆水平自然地带结构规律有何主要特征？

4.11 何谓组合型景观与重复型景观？其研究的意义何在？

4.12 地域分异各规律之间有何联系？

4.13 何谓显域性地域、隐域性地域？它们反映了一种什么分异因素作用的结构？

4.14 何谓地域组合规律，主要有哪些表现形式？

4.15 地域分异规律和组合规律之间有何联系和区别？

第5章　综合自然地理区划

地球表面由于受各种地域分异规律的综合作用，使其各部分的自然地理特征发生明显的地域差异。按照区域的内部差异，把其自然特征不相似的部分划分为不同的自然区，并确定其界线，进而对各自然区的特征及其发生、发展和分布规律进行研究，按照区域从属关系建立一定的等级系统，这种地域系统研究方法，就是自然地理区划(physico-geographical regionalization)。综合自然区划的理论与方法是综合自然地理学的重要组成部分，研究它的意义在于具体、系统地揭示自然地理综合体的地域分异规律和组合规律，掌握一定地域的自然地理综合特征，以便合理开发利用其自然资源和有效地改造其自然环境条件，为生产建设服务。

综合自然区划是区域自然地理学研究进行到一定阶段的产物。这一研究是在比较全面地认识地域分异规律和具有比较适当的方法论基础上进行的。它需要对研究区域各级自然综合体作全面的认识，即不仅要认识各自然组成成分的空间分布特征，还要深入分析它们之间的相互关系；不仅要掌握区域的地理现状，还要了解区域自然历史过程。因此，综合自然区划总是代表着一定时期区域自然地理研究最后的综合成果，是反映对自然地理环境认识程度和衡量自然地理研究水平的重要标志之一。一个正确反映客观存在的区划方案，不仅深化了自然地理学研究的理论和方法，而且为区域经济发展的宏观研究提供了地域自然结构的基础资料。

自然地理环境是由一些大小不同、等级有高低、复杂程度有差别、相互有联系、特征有区别、分布范围彼此有交错重叠的地域单位组成的复杂和多等级的镶嵌体系。“自然地理区划”是自然地理等级单位的划分问题，第6章“土地类型学”也是自然地理等级单位的划分问题，只是单位的等级不同、尺度不同。前者是区域地理研究的内容，后者则是局地地理所研究的单位，由此我们可以看出局地地理学和区域地理学的主要区别和联系。一般说来，大范围自然区域的划分属于自然区划的研究范畴；小范围自然地段(土地分级单位)的划分属于土地类型研究的范畴。自然区划单位面积较大，结构复杂、独特性明显，能反映一个区域全面的自然特征；而土地分级单位面积较小、结构简单、相似性突出，只能代表所属区划单位的某一自然片段。

本章主要讲述自然地理区划的概念、综合自然地理区划的原则与方法、综合自然地理区划的等级系统、自然区划单位的类型研究、景观以及山区综合自然地理区划等内容。其中的景观是综合自然区划的下限单位，是自然区划与土地分级单位的结合部。

5.1　综合自然区划概述

所谓区划，就是区域的划分。区划这一概念的外延比较广泛，它泛指各种区域的划分，是对各种区域划分的高度概括。由于区划的对象和性质的不同，通常所说的区划大致可分为自然区划、经济区划和行政区划三大类别。

自然区划有广义和狭义之分。广义的自然区划包括部门自然区划和综合自然区划两部分。部门自然区划是对某一自然地理成分的区划，如地貌区划、气候区划、水文区划、土壤区划、植被区划、动物区划等，是按照它们自然特征的相似性和差异性逐级进行区域划分，并根据

各区划单位自然特征的相似程度和差异程度排列成一定的区域等级系统。狭义的即指综合自然区划。

综合自然区划着眼于自然地理环境的整体结构，对自然综合体进行区域划分。以空间地理规律为指导，根据区域发展的统一性、区域空间的完整性和区域综合自然特征的一致性，逐级划分或合并自然地域单位，并按这些地域单位的从属关系建立一定形式的地域等级系统，就是综合自然地理区划（integrated physico-geographical regionalization），通常简称为自然区划。

1. 综合自然区划单位的必要条件

从上述综合自然区划的概念可以看出，自然区划单位必须满足三个基本条件：具有统一的发生学联系、具有完整毗连的空间和具有相对一致的整体特征。自然区划的对象是自然综合体，包括从最高级的地理壳到最低级的景观（或称自然地理区）一系列不同级别的自然地域单位。通常，一个高一级的单位往往包含若干个性质与结构相似的低级单位，它们可以合并成高一级的单位；而同一等级的若干个单位之间又总存在一定的差异，正是这些差异把它们划分开来。这种相似性和差异性通常被视为自然区划的依据。然而自然区划的主要根据不是相似性或差异性，而是区域的联系性。所谓区域的联系性主要指组成一区划单位内的各低级单位具有统一的自然历史发展过程和相互毗连的地域接触关系。没有共同的发育联系和共同的边界接壤的、分离的区域单位，即使在景观外貌上有很大的相似性，也不能合并为一个完整单位；反过来，也不能把有共同的发展过程和地域毗连的一个完整单位，因为其内部局部景观外貌的特殊而划分出脱离这个高级单位的低级单位。也就是说，任何一个区划单位必须满足3个基本条件，只有在发展一致和空间完整前提下的“相似性和差异性”，才具有自然区划的意义。

2. 综合自然区划既是划分，又是合并

从综合自然区划的概念还可以看出，自然区划既是“划分”又是“合并”。根据地域分异规律，可将地表依次划分为各种不同等级的自然地理综合体；根据地域组合规律，依次合并为更高一级的自然地理综合体。这种“自上而下”的划分和“自下而上”的合并，不仅不互相矛盾，而且恰好是互相补充。只有既按地域分异规律将地表划分为不同等级的低级单位，又根据有规律的区域联系将低级单位合并成高级单位，才能正确反映自然地理区划的实质。

3. 区划单位和类型单位的区别

区划单位（regionalization unit）和类型单位（type unit）的区别可以用类型图和区划图来解释。区划单位是地域上连接的不同自然地理综合体合并的结果，其在地表的存在是惟一的，不可能出现两个命名相同的区划单位；类型单位在地域上可以是不连续的、彼此分离的自然地理综合体，之所以概括为同一类型，是因为它们之间质的相似性，因而命名相同的类型单位在地表可重复出现。此外，两者都组成等级系统，但却是两类不同的等级系统。类型系统是根据质的相似性由多种多样的低级单位概括成简单的高级单位，越是高级单位越抽象，其分类依据越简单，但更具有本质特征；区划单位是由相邻的不同低级单位合并而成，因此越是高级区划单位，所包含的内容就越复杂，在其内有更多更复杂的低级自然综合体。

4. 综合自然区划的基本特点

Исаченко认为，自然区划具有下列基本特点：

（1）区划中所划分的区域单位，由于其组成部门之间存在着空间联系而保持统一性和空间上的不可分割性。

(2) 区划对象可以是各种不同的对象和现象,但必须是能够形成有规律的地域结合的"地域现象"。

(3) 区划是一种独特的系统方法,可以根据区域的地理位置的共同性和它们之间的所有规律的地域联系合并在一起。但是,与区域的共同性合并在一起的各个对象或现象之间的相互联系,是在历史发展过程中形成的。任何区域都是历史发展的产物。因此,区划是反映历史上形成的对象和现象的地域联系的区域系统方法。

(4) 区划可以是自上而下的划分,也可以是自下而上的合并。

(5) 任何区划对象都可以既按照区域的原则,又按照类型的原则来加以系统化。

综合自然区划需要对各级自然综合体作全面的认识,不仅要正确认识地表的地域分异规律,还要深入分析各组成成分间的相互关系。因而,自然区划总是一定时期自然地理研究的最后成果。不同等级的自然区划单位内部差异反映出不同的自然结构(区域水热气候结构、土地结构、水资源结构、矿产资源结构、风景资源结构),而自然结构正是研究土地合理利用的基础,其宏观反映就是根据自然条件、自然资源和社会经济状况制定的区域发展战略的研究基础。

5.2 综合自然区划的原则和方法

(一) 综合自然区划的理论依据

综合自然区划的对象是客观存在的自然地理综合体。综合自然区划的主要任务在于揭示历史上形成的不同等级的自然地理综合体在地域间的差异性与共轭关系,亦即自然地理综合体的空间地理规律。因此,关于空间地理规律的学说便成为综合自然区划的理论基础。这就是说,综合自然区划必须以分析空间地理规律的理论为指导,根据这种理论确定区划的原则和方法,建立区划单位系统,逐级进行区域划分。

(二) 综合自然区划的原则

综合自然区划的原则是进行区划工作所必须遵循的准则。制定这些原则,目的是为了保证区划工作能正确地反映自然综合体地域分异的客观实际。根据陈传康等学者的见解,可以把常用的区划原则分为两大类:一是区划的一般原则,任何区划都必须考虑;二是区划的基本原则,是综合自然区划所必须遵循的原则。

1. 一般性原则

(1) 发生统一性原则

简称发生学原则,19世纪后半叶已开始应用于自然区划实践。任何区域单位都是在地域分异因素作用下历史发展的产物,具有自己的年龄,历史发展道路的共同性使它们具有发生统一性特征。因此,进行自然区划必须探讨区域分异产生的原因与过程。但需注意:

- 任何区域单位都具有发生统一性,但不同等级或同一等级的不同区域单位,其发生统一性的程度和特点是不相同的。也就是说,区域单位的发生统一性是相对的。
- 由于低级区域单位是由等级较高的区域单位分化出来的,因此,越是低级的区域单位其年龄越小,发生统一性越强。
- 对区域单位形成和演变的研究,当然可以追溯到相当久远的地质时期,但与现代自然

环境关系最密切的主要是第四纪，尤其是全新世初以来的环境变化，现代环境主要是通过这一时期的变化造成的，且迄今尚未结束。

（2）相对一致性原则

相对一致性原则要求在划分区域单位时，必须注意其内部特征的一致性。这种一致性是相对的一致性，而且不同等级的区域单位各有其一致性的标准。例如，自然带的一致性体现于热量基础的大致相同；自然国的一致性体现于热量辐射基础相同条件下的大地构造与地势起伏大致相同；自然地带的一致性体现于水热对比关系及与之相应基带的土类、植被型、景观型也相类似等等。由此看来，区域单位内部特征的一致性不是绝对的，而是相对的一致性。区划单位一致性的相对性质，表明其本身存在着一个等级单位系统。相对一致性原则既适用于“自上而下”的顺序划分，又适用于“自下而上”的逐级合并。

（3）区域共轭性原则

区域共轭的思想源自 Полынов 和 Перелман 的景观地球化学学说，即根据地球化学元素迁移和能量交换联系起来的地球化学景观。每个具体的区划单位都要求是一个连续的地域单位，不能存在着独立于区域之外而又从属于该区的单位，这一属性即为区域共轭性。该原则决定了区划单位永远是个体的，不能存在着一区划单位的分离部分。根据这一原则，尽管山间盆地与其邻近山地在形态特征方面存在很大差别，但必须把两者合并为更高级的区域单位。同理，尽管自然界可能存在两个自然特征很类似，但彼此隔离的区域，但不能把它们划为一个区域单位。

2. 基本原则

（1）综合性原则

任何区域单位都是地域分异因素　　地带性因素和非地带性因素作用下的事物。因此，在自然界既没有纯粹地带性的自然区域，也没有纯粹非地带性的自然区域。进行综合自然区划必须综合分析地带性和非地带性因素之间的相互作用及其表现程度的结果。况且，任何自然区域都是由各个自然地理要素组成的整体。因此，进行综合自然区划必须综合分析各自然地理要素相互作用的方式和过程，认识其地域分异的具体规律性。只有这样才能真正掌握区域自然地理综合特征的相似性和差异性，以及相似程度和差异程度，才能保证划分出的地域单位是不同等级的自然综合体。

（2）主导因素原则

进行综合自然区划时，必须在形成各自然区特征的诸要素中找出起主导作用的因素，这就是主导因素原则。抓主导因素原则并非忽视其他要素的作用，而是通过分析各因素间的因果关系，找出 1～2 个起主导作用的自然因素，并选取主导标志作为划分自然区域的依据，主导因素必须是那些对区域特征的形成、不同区域的分异有重要影响的组成要素。它们的变化导致区域组成、结构的变化。

主导因素原则与综合性原则并不矛盾。后者强调在进行区划时必须全面考虑自然区域的各组成要素和地域分界因素；前者强调在综合分析的基础上查明某个具体自然区域形成和分异的主导因素。基于上述认识，有人把上两原则合称为：综合性分析与主导因素分析相结合原则。

所有上述各项原则，都不是彼此相互排斥，而是相互补充的，可以把它们归结为一条总原则——“从源、从众、从主”的原则。

- “从源”，是指必须考虑成因、发生、发展和共轭关系。
- “从众”，是指必须考虑综合性和完整性。
- “从主”，是指应考虑其典型性和代表性。

（三）综合自然区划的方法

为了使上述原则得到正确贯彻，必须采用相应的区划方法，才能达到目的。区划的原则和方法是紧密相连的。每一个区划原则，都必须通过相应的方法加以贯彻。区划的方法主要有古地理法、类型制图法、顺序划分和合并法、部门区划叠置法、地理相关分析法、主导标志法等几种。

1. 古地理法

区域单位的古地理研究是阐明区域分化历史过程的最有效办法。这种方法是通过实地古地理和历史自然地理遗迹的考察，并借鉴有关古籍文献及地质历史资料，深入探讨区域分异产生的原因和过程，并根据自然区域逐级分异产生的历史过程的相对一致性，划分出不同性质和不同等级的区域单位。因此，发生统一性原则必须通过古地理法来贯彻。但是，要确定区域单位的年龄和发展历史需要占有丰富的古地理资料，而目前并不是所有区域都具备足够的资料。所以，现在一般把古地理法作为一种必要的辅助方法。

2. 类型制图法

又称合并法，或“自下而上”的区划法，是根据土地类型单位的对比关系进行区划的方法（图 5.1）。该方法首先在部门自然区划中普遍应用，如地貌区划、土壤区划、植被区划等都是以其类型图为依据的。土地类型图出现后，就成为综合自然区划的依据，也就是根据土地类型

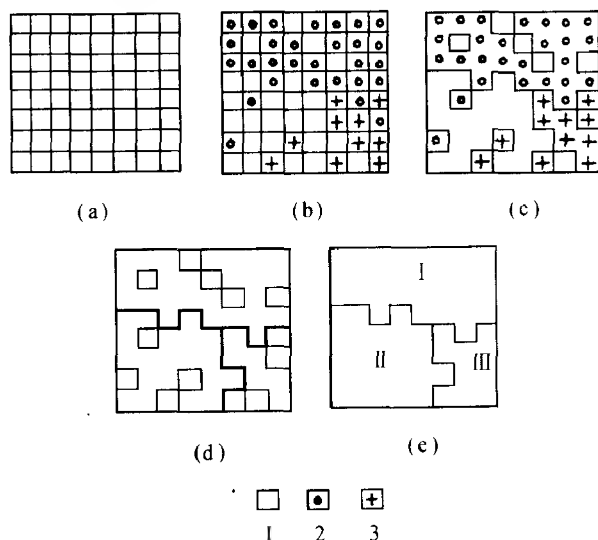


图 5.1 类型制图法

(a) 划分出若干具体土地单位；(b) 对土地单位进行分类，区分出三种土地类型(1,2,3)；(c) 去掉土地单位的具体界限，即为表示土地类型差别的景观图；(d) 根据土地类型的质和量的对比关系，即组合分布图式的地域差异，划分自然地理区(粗线条为自然地理区界线)，同一种分布图式所占有的范围相当于一个自然地理区；(e) 去掉土地类型界线，即为自然地理区(Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ)

组合分布图式的差别来进行区划。这种方法是从划分最低级的区域单位开始，然后根据地域其共轭性和相对一致性原则把它们依次合并为高一级单位。在实际工作中，合并法通常是在土地类型图的基础上进行(图 5.1)。

3. 顺序划分法

顺序划分法即“自上而下”的区划法，这种方法先着眼于地域分异的普遍规律——地带性和非地带性，按区域的相对一致性和区域共轭性划分出最高区域单位，然后逐级向下划分低级的单位(图 5.2)。

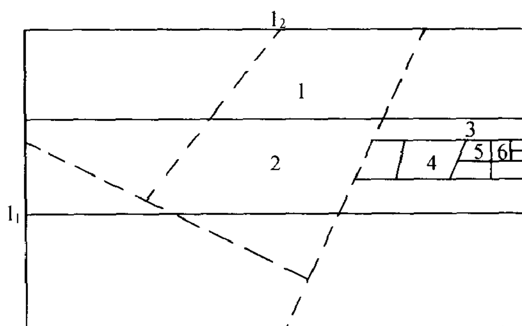


图 5.2 顺序划分图式

1. 根据大尺度的地带性和非地带性分异划分热量带和大自然区(l_1：热量带界限，l_2：自然大区界限)；2. 热量带和大自然区互相叠置，得出地区一级单位。地区也可视为热量带内的高级省性分异单位；3. 根据地区内的带段性差异划分地带、亚地带；4. 根据地带、亚地带内的省性差异划分自然省；5. 自然省划分为自然州；6. 自然州划分为自然地理区

4. 部门区划叠置法

部门区划叠置法是采用各部门区划(气候区划、地貌区划、土壤区划、植被区划等)图的方式来划分区域单位，把各部门区划图重叠之后，以相重合的网络界线或它们之间的平均位置作为区域界线。当然，这并非机械地搬用这些叠置网格，而是在充分分析和比较各部门区划轮廓的基础上来确定界线。由于部门自然区划之间的不协调给部门区划叠置法的运用带来一些困难，但不能因此认为它“不可靠”或“太机械”而加以否认。从区划的发展，特别是从制图自动化的要求来看，叠置法具有很大的优点。

5. 地理相关分析法

地理相关分析法是运用各种专门地图、文献以及统计资料，对各自然地理成分之间的相互关系作分析后进行区划的方法。在区划工作中运用比较广泛，如果与叠置法配合使用，将会取得较好的效果。

6. 主导标志法

主导标志法是贯彻主导因素原则经常使用的方法。区划时，通过综合分析选取某种反映地域分异主导因素的自然标志或指标，作为划界依据。并且同一级区域单位基本按同一标志划分。应该指出，每一个区域单位都存在自己的分异主导因素，但反映这一主导因素的不仅仅是某一主导标志，而往往是一组相互联系的标志和指标，人们可以从中挑选出具有决定意义的某一主导标志来。当应用主导标志和指标(如气候等值线)确定区界时，若不参考其他自然要素和指标(地貌、水文、土壤、植被)对区界进行订正，那么所划出的区界可能存在较大的任意

性。通常用来确定区域界线的,往往是那些最鲜明、最灵敏的具有指示意义的标志——派生组成成分的土壤和植被。

(四) 综合自然区划原则与方法的关系

1. 原则与方法的关系

综合自然区划的原则和方法是紧密联系的,这种联系如图5.3所示:

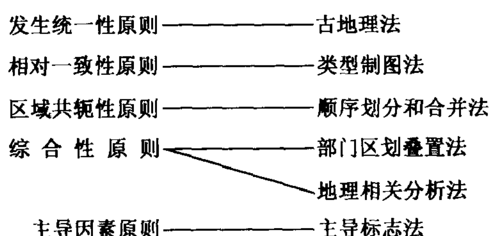


图5.3 自然区划的原则和方法的关系

综合自然区划的这些原则和方法都是相互补充的。应用其中的一个原则和方法,并不排斥其他原则和方法。下面,以综合性原则和主导因素原则及与之相应的地理相关分析法和主导标志法为例,说明它们之间的关系。

2. 建立在地理相关分析基础上的主导标志法是目前最好的区划方法

前已述及,综合性原则强调在进行某一级区划时,全面考虑区域单位各组成成分和区域整体综合特征的差异性,而后选择某些相互联系的指标作为划分区界的依据。尽管地域分异因素非常复杂,但仍可区分出主导因素。运用综合性原则选取具有确定区界意义的、并且相互联系的标志后,可以再从其中选定具有决定性意义的主导标志。然而,在运用主导标志,如某一气候指标的等值线确定区界时,若不参考其他指标,如地貌、水文、土壤、植被等指标对区界进行订正,划定的区界未必正确。这是由于主导因素决定的地域分异非常复杂,区域单位整体及不同组成成分对主导因素的反映也不可能相同。一般来说,任何主导标志与地域分异之间都不可能有严格的函数关系,而只能是相关关系。因此,过分强调以某一主导标志确定区界,或硬性规定在进行某一级分区时必须采用统一的指标,确定的区界将不免具有任意性,并且未必能保证所划分的各区具有该级区域单位应有的相对一致性。

由此看来,采用主导标志法并不意味着只注意某一主导标志而忽视其他标志。否则将违背综合性原则,使综合自然区划下降为部门自然区划。事实上,每一个区域单位都有分异主导因素,但反映这一主导因素的往往不是某一主导标志,而是几个相互联系的标志和指标。这样一来,就已接近综合标志法了。可以通过建立在地理相关分析基础上的主导标志法来解决这个矛盾,而这实际上是综合性原则和主导因素原则相结合的方法。

以热量带划分为例,谈谈在地理相关分析基础上运用主导标志法的大致步骤。首先,把已有的土壤、植被和景观等资料与各种气候指标等值线进行对比,确定某个指标(如≥10 ℃积温等线)对热量带的分布具有最大的相关关系。然后,根据某些土壤、植被和景观分布资料初步确定划分各带界线的积温数,例如,以≥10 ℃的4500 ℃积温等值线作为中国亚热带北界。最后,以这一数值作为主导标志,使用外延法,并适当考虑其他自然地理成分的相关关系,确定

各带的界线。但是,通过这种方法确定的界线只是初步的。沿着此界线进行深入研究时,必然发现需要进行适当的调整,甚至会发现同一带界的不同段可以采用不同指标数值。因此可以规定某个指标数字间隔或幅度作为确定界线的根据。

正是鉴于上述理由,自《中国综合自然区划》初稿发表以来,已先后提出了不少关于修改界线指标的意见(林超,1960),也提出了给自然带不同段规定不同积温指标的意见(杨宗干等,1962)。苏联土壤地理区划新方案也因为同样缘故给亚欧大陆西部和东部确定了不同的指标,见 Иванов(伊万诺夫等,1962)。中国华南西部(云南)和东部也有类似情况。一般来说,西部除干热河谷外积温有效性较强,所以采用的指标可略低。这就是说,在使用积温指标时,不但要考虑其绝对值,而且要考虑其有效值。例如,海南(8400 ℃)虽比云南景江(7800 ℃)的积温多 600 ℃,且持续日数相同(365 天),两者的热带性实际上却没有显著差别(丘宝剑,1963)。林超在河北省的工作(1960)也证明,由于界线各段的过渡性质不同,当参考其他成分的分布状况对根据气候指标初步确定的界线进行调整时,不同段的调整指标可以不同。在地貌界线与气候界线基本上一致时,无需作重大调整;在界线不明显处,一般应划在镶嵌过渡带中部,界线两侧首先是过渡带,其后分别向外侧过渡为岛状分布带。

上述情况表明,在进行区划时,可以根据综合性原则和主导因素原则,采用与其相应的地理相关分析法和主导标志法确定区域单位的界线。两个原则和方法是密切联系和互相补充的,在实际工作中可以结合运用。建立在地理相关分析基础上的主导标志法,可以说是当前最好的区划方法。

3. 用形式地理学的思路研究综合自然区划

应该指出,区划作为一种形式研究,可以视为一门涉及逻辑和数学的形式地理学(Morphological Geography)。现代区划理论把地理区分为功能区和枢纽区,但无论功能区和枢纽区都是具有一定等级的系统。因此,确定区域的等级定义,为每一等级规定相应的分区标准,乃是各种区划研究的基础工作。功能区强调按区域的相似性和差异性进行分区。可以根据发生统一性、相对一致性、区域共轭性原则及与之相对应的方法,把相似的区域划为一个区域单位。同时根据综合性和主导因素原则及与之相对应的区划方法,在发生差异变化的地方确定区界。不仅不应该强调用一个指标来划分某一级的所有区域单位,同一区域单位界线的不同段落也可用不同指标确定。但是所有这些指标的选取都必须在保证区域相对一致性原则和反映区域分异主导因素的条件下进行。考虑到地域分异具有渐变的性质,某一区域的典型特征主要表现于其中心,边缘地区经常具有过渡性质。因此,区域的划分及界线的确定很复杂,根据具体情况进行全面分析,现代模糊数学关于区分具有过渡性质的模糊集合方法,对区划研究形式化具有特别重要的意义。

总之,发生统一性原则、相对一致性原则、区域共轭性原则作为区划的基本原则是进行任何区划都必须考虑的。综合性原则是使综合自然区划真正实现综合的重要保证,而主导因素原则不过是在某种情况下的权宜手段,通过它可以比较容易地划分出区域单位来。其他如地带性原则、非地带性原则、生物气候原则、省性原则等,显然是上述诸原则的具体化。

5.3　综合自然区划的等级系统

综合自然区划是反映自然地理环境空间地理规律的一种系统研究方法。通过它,可根据

自然条件的相似性和差异性，将地域加以划分或合并，得出一定的区域等级系统。区划正确与否取决于能否客观地反映地域分异规律，而区划的等级系统正是这种规律的具体体现。因此，等级系统的研究是自然区划方法论的重要内容。

地域分异的结果，使自然界分化为一系列大小不同、等级有高低的区域单位，任何一级区域单位都是同时在地带性和非地带性因素的影响下形成的。然而，一部分区域单位的分化主要取决于地带性因素，另一部分则主要取决于非地带性因素。因此，自然界同时存在着两类区域单位，区划也有两种等级单位系统，即所谓的"双列系统"——地带性等级单位系统和非地带性等级单位系统。

由于地带性因素和非地带性因素同时作用于地表自然界，而上述两类区域单位各自反映其中一种地域分异因素，因此它们是不完全的综合性单位，其等级系统也是不完全综合性的区划等级系统。自然界还存在着反映两种分异因素的完全综合性单位，其等级系统就是一般所说的"单列系统"。

单、双列系统既有联系又有区别，对区划工作都有重要意义。下面将详细讲述这些单位的定义、划分及它们的关系等。

(一) 双列系统

双列系统实际是分别按照地带性分异规律和非地带性分异规律拟定的两列综合自然区划单位等级系统——地带性区划单位和非地带性区划单位。

1. 地带性区划单位

地带性区划单位是由于地带性因素(太阳辐射)在地表按纬度分布的差异，引起与之有关的自然地理综合体，大致沿纬线方向延伸而呈带状分布的自然地理单位。其有以下几个特点：

- 在地带性因素与非地带性因素的对立统一过程中，地带性因素起主导作用；
- 主要是根据地带性单位内平亢地上的气候、植被、土壤及自然综合体划分，其内部在地质与地貌特征方面存在很大差异，因而是不完全的综合单位；
- 由于非地带性因素的破坏，其分布往往具复杂形式，尤其在温带，只有赤道和极地的地带性单位才大致沿纬线分布；
- 空间变化具有不可逆性和南北半球对称的特点；
- 界线是逐渐过渡的，没有鲜明的界线，因而增加了划分的难度。

目前，地带性区划单位一般分为：自然带(пояс)、自然地带(зона)、自然亚地带(подзона)和自然次亚地带(полоса)的等级系统。

(1) 自然带

自然带是地表沿纬线延伸的宽阔部分，在其范围内有大致相同的辐射净值及与热力条件相关的基本相同的自然地理过程(physical geographic process)，如分化过程、成土过程、地貌过程等。地理学界对于自然带的定义及其划分依据尚存争议(Исаченко、叶栗如、任美锷、黄秉维)。中国多数地理学者赞成自然带是最高级的地带性区划单位，认为自然带应按热量的地域差异及其对整个自然界的影响来划分。自然带之间不仅存在热量分配上的差别，而且还表现在大气环流、植被、土壤和动物界等方面明显的差别。因此，不能单纯把自然带理解为热量带，而是一个具体的综合性的景观带。

基于上述理解，自然带的划分应该在地理相关分析基础上找出主导标志。通常选取的主

导标志是综合性气候特征及其指标，如地面热量平衡、最热月与最冷月平均气温、活动积温等。自然带没有明显的界线，而为过渡带所衔接，因此在决定自然带范围时，还应参照其他自然标志，土壤与植被是重要的参考标志，与自然带的气候特征相互映照。

自然带的具体划分，最早是把地表粗分为热带、南温带、北温带、南寒带和北寒带五带，后来在五带的基础上又细分出一些具有独立性的过渡带。这样，目前公认的自然带就有(北半球)：寒带、亚寒带、寒温带、中温带、暖温带、亚热带、热带、赤道带等共 8 个。当然，在不同文献中对于自然带的划分和命名并未完全统一，实际还存在着大同小异的状况(表 5.1)。

表 5.1 不同方案划分带的图式

<table>
<tr><th>Herbertson
(英)</th><th>Григолъев</th><th>Герасимов</th><th>苏联土壤
生物气候区划</th><th>Макеев</th><th>中国综合
自然区划</th><th>苏联地理简明
百科辞典</th></tr>
<tr><td rowspan="2">极　带</td><td>北极带</td><td rowspan="2">北极带</td><td rowspan="2">寒(极)带</td><td>寒　带</td><td rowspan="2"></td><td>极　带</td></tr>
<tr><td>亚北极带</td><td rowspan="2">寒温带</td><td>亚极带</td></tr>
<tr><td rowspan="2">冷温带</td><td rowspan="3">温　带</td><td rowspan="3">北方带
(温带)</td><td>寒温(北方)带</td><td>寒温带</td><td rowspan="3">温　带</td></tr>
<tr><td>温(亚北方)带</td><td>暖温带</td><td>温　带</td></tr>
<tr><td rowspan="2">暖温带</td><td>暖温亚热带</td><td>半亚热带</td><td>暖温带</td></tr>
<tr><td rowspan="2">亚热带</td><td rowspan="2">北亚热带
亚热带</td><td>亚热带</td><td rowspan="2">亚热带</td><td rowspan="2">亚热带</td><td rowspan="2">亚热带</td></tr>
<tr><td rowspan="2">热　带</td><td rowspan="2">热　带</td></tr>
<tr><td>热　带</td><td>热　带</td><td>热　带</td><td>热　带</td><td>热　带</td></tr>
<tr><td rowspan="2">赤道带</td><td rowspan="2">赤道带</td><td rowspan="2">水热带</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">赤道带</td><td rowspan="2">赤道带</td><td>亚赤道带</td></tr>
<tr><td>赤道带</td></tr>
</table>

应该指出，鉴于自然带普遍具有逐渐过渡的特性，适当把相对独立性明显的过渡带划分为等价的自然带，以作为最高一级的地带性区域单位，这是必要而可行的，但却不能不分等级，无限制地把自然过渡带都划为并列的自然带。

自然带的划分具有一定的理论和实际意义。一个自然带内农业生产上的熟制大体相同，如温带一年一熟，暖温带两年三熟。自然带也大体反映光温生产潜力的大小，即一个自然带内日平均气温≥10 ℃期间的光合辐射，在其他环境条件都合适的情况下，所能达到的干物质产量大体相同。此外，自然带的划分可以与相邻各国的自然带进行对比，以便于各国的自然地理区划的衔接。

(2) 自然地带

自然地带分异是发现较早的地理规律，也是研究比较深入的区划单位。自然地带是次一级的地带性单位，通常被视为最基本的地带性，是指在平亢地上发育有与大气候的热、水组合条件相适应的土类和植被群系纲，以及与之有关的占优势的景观类型大致沿纬线方向延伸而按纬度有规律更替的自然综合体。

平亢地是指那些地表平坦、排水良好、没有强烈侵蚀、也没有强烈堆积、地下水距地表较深、不影响土壤发育、土壤颗粒粗细适中的平地地域。只有平亢地，才能有与当地的大气候条件相适应的土壤、植被(又称之为显域性土壤、植被)。这样的平亢地在每个地带内虽然都可以

找到，但不是每个地带内处处都是平亢地，它只占自然地带内一种特殊位置——地带性部位（或显域性部位）。除此之外，还有地带内的隐域性部位，并相应地发育隐域性土壤或植被，甚至可以出现垂直带结构。

由此可见，自然地带是把那些在平亢地上发育有与地带性气候相适应的土壤和植被，因而具有同型景观的地段连接在一起。因此，在它的范围内既可包括平地，也可包括丘陵，还可包括山地。如中国综合自然区划所划分的自然地带可以横贯大兴安岭，苏联土壤区划所划分的土壤地带可以跨过乌拉尔山，都是根据平亢地这个特有的地带性部位划分的。

自然地带的划分常常运用气候标志，再与土壤及植被的界线进行对比分析。气候标志都是用气象台的资料计算的，而气象台多是建于平地地域，因而它所代表的气候条件是平地地域的大气候，与此对比的土壤和植被也必须是平亢地上的。这就是说，每一自然地带的平亢地上的大气候条件，与平亢地上的植被与土壤进行相关分析，正是划分自然地带的关键。中国综合自然区划所划分的自然地带正是由于进行了平亢地上大气候与土壤、植被的相关分析，因此自然地带的划分是比较成功的。

划分自然地带界线的最好办法是根据土地类型合并成自然区，然后再通过各相邻的自然区根据地带性原则合并成自然地带。这时自然地带的界线将由各自然区的界线组成，这就是自下而上的区划方法。中国早在20世纪80年代就已完成《中国1：100万土地类型图》，在此基础上，已经有条件采用自下而上的区划方法。

在基本自然地带之间常存在着过渡地带，一般有两种情况：

- 各自然地理成分和地理综合体本身彼此镶嵌结合而互相过渡；
- 两个基本地带的成分特别是植被成分混杂于一过渡带内。

处理的办法有两种：

- 把过渡带平分为两半；
- 把过渡带作为独立的地带或低一级的亚地带，此时面积起重要意义，一般范围大的视为地带，小的则是亚地带。

由于地带内存在着南北差异，因此地带内还存在进一步划分问题。理论上有两种划分方法：

- 基本地带通常可划分为南、中、北3个亚地带，如泰加林地带包含3个亚地带；
- 过渡带通常只划分为南、北两个亚地带。

(3) 亚地带

亚地带是自然地带内再划分的地带性单位。在宽广的自然地带内部，某些组成成分的量变（还不足以引起整个自然地带质变）引起地带内自然综合体的地带性分异，从而产生了亚地带。如中国温带半湿润地区森林草原黑土地带可分为森林草原淋溶黑土亚地带及草甸草原黑钙土亚地带；暖温带半湿润地区褐土地带可分为半干生落叶阔叶林淋溶褐土亚地带及半干生落叶阔叶林与森林草原褐土亚地带。

亚地带并非见于所有的自然地带，许多范围较窄的自然地带划分不出这级单位，尤其是那些大气候、植被、土壤界线比较一致的时候更是如此。

亚地带的研究目前还不很深入。根据局部地区的研究成果来看，亚地带是以显域性的植被亚型和土壤亚型为主要标志。

(4) 次亚地带

次亚地带被认为是最低级的地带性单位。它不是普遍存在的自然区域，在某些亚地带内自然地理综合特征或自然地理要素发生局部的和更次级的地带性分化才构成次亚地带。如俄罗斯苔原地带，根据植被、气候等标志，可分为北极苔原、典型苔原和森林苔原3个亚地带，典型苔原又可再分为藓类地衣苔原和灌木苔原2个次亚地带。

目前，关于亚地带和次亚地带的研究还很不够，具体地划分方案也少见。从理论上讲，地带内地带性单位的进一步划分是可能的，表5.2是某些地带性进一步划分的可能图式。

表 5.2 某些地带进一步划分的可能图式

<table>
<tr><th>地 带</th><th>亚 地 带</th><th>次 亚 地 带</th></tr>
<tr><td rowspan="5">苔原地带
(俄罗斯)</td><td>北极苔原亚地带</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">典型苔原亚地带</td><td>藓类地衣苔原次亚地带</td></tr>
<tr><td>灌木苔原次亚地带</td></tr>
<tr><td rowspan="2">森林苔原亚地带</td><td>北方森林苔原次亚地带</td></tr>
<tr><td>南方森林苔原次亚地带</td></tr>
<tr><td rowspan="4">森林草原地带
(俄罗斯)</td><td rowspan="2">北方森林草原亚地带</td><td>灰色森林土阔叶林次亚地带</td></tr>
<tr><td>灰化黑土阔叶林次亚地带</td></tr>
<tr><td rowspan="2">南方森林草原亚地带</td><td>淋溶黑土草甸草原次亚地带</td></tr>
<tr><td>典型黑土草甸草原次亚地带</td></tr>
<tr><td rowspan="2">暖温带落叶阔叶林
地带(中国)</td><td>棕色森林土落叶阔叶林亚地带</td><td></td></tr>
<tr><td>褐色土半旱生落叶阔叶林亚地带</td><td>淋溶褐土落叶阔叶林次亚地带</td></tr>
</table>

图式表明，某些地带的进一步划分，主要是以局部土壤标志或植被标志作依据。某些地带是以植被型划分为亚型和群系纲作为地带内进一步划分的主要依据，而另一些地带则以土类差异为主要根据划分亚地带，并以亚类差异为主要根据划分次亚地带。

2. 非地带性区划单位

非地带性单位是由非地带性因素作用形成的。非地带性因素是指决定海陆分布、地势起伏、岩浆活动等现象的地球内能。它首先使地球上分成海陆，而有了海陆就有海陆相互作用。这种海陆相互作用与地势构造分异结合起来，就形成了非地带性单位，其有以下特点：

- 地带性因素和非地带性因素相互作用过程中，非地带性因素起主导作用；
- 非地带性单位的完整性决定于地势构造和地质发展史的统一性，其内部可以允许有不同的地带性单位存在；
- 空间分布“切断”了按纬线延伸的地带性单位呈“斑块状”分布；
- 在高、低纬交替不明显，中纬具有从沿海向内陆更替的明显趋势；
- 常具明显的界线。

目前，通用的非地带性单位等级系统是：大区(сектор)、地区(область)、亚地区(подобласть)、州(округ)。

(1) 大区

大区是最高级的非地带性单位，往往占据大陆的巨大部分，与大地构造-地貌单元紧密联

系，通常相当于古地台或巨大的造山运动带。因其地理位置和地势起伏的影响，每个大区在全球大气环流中都占有特殊地位，形成大气活动中心，存在着引起气团移动和变性的特定条件。因此，各地区之间在气候的大陆度、湿润条件以及纬度气候的性质等方面，都有较明显的差异。每个大区的地带数量、排列顺序和轮廓都有其自己的特点，甚至同一地带中位于不同大区的各个地带段，也具有自己的“个体”特征。

例如，苏联境内可以分出东欧、西西伯利亚、中西伯利亚、东西伯利亚、远东和中亚6个大区。中国大部分领土位于东亚大区和亚洲中部大区范围。东亚大区的特征是具有湿润的季风气候以及由南向北连续更替的森林地带谱；亚洲中部大区的特征是具有干旱气候以及荒漠带谱；青藏高原高耸于亚洲中部大区的南半部，具有特殊的气候和地带谱，应视为一个特殊的“亚大区”，甚至可以看做一个独立的大区。3个大区的大地构造差异非常显著，地势差异悬殊，大区的界线几乎完全决定于地势界线。

(2) 地区

地区是比大区次一级的非地带性单位，又叫做“自然国”、“自然历史国”、“地理国”。自然地区与自然大区两者的地域分异因素及其特征标志基本一致，但自然大区的特征标志在自然地区范围内得到比较具体的反映，尤其在地势与地质构造方面，自然地区具有明显的确定性。因此，自然地区比自然大区的发生统一性和区域界限更加鲜明。

地区划分的主要依据是地质地貌基础，范围相当于第Ⅱ级大地构造单位。但每一个地区仍有自己的植被、土壤和景观的共同特征。

中国境内自然地区划分，东部季风大区自北向南大致可分为东北地区、华北地区、华中华东地区、华南西南地区等；西北干旱大区可分为内蒙古地区，甘新地区等；青藏高原大区大致可分为青藏高原西北部地区和青藏高原东南部地区。

表5.3是俄罗斯3个地区的主要特征。

表5.3 俄罗斯3个地区的主要特征

名 称	俄罗斯平原	西西伯利亚低地	中西伯利亚苔原
褶皱基底的性质	前寒武纪地台	沉陷很深的古生代褶皱构造	前寒武纪地台
新构造运动的基本特征	较弱的差异运动	总趋势：下沉	总趋势：抬升
地形和地表沉积物基本特征	平均高度170 m；高地与低地交替分布，地表沉积物复杂多样	平均高度约100 m，地表平坦，由近期松散水成和冰川沉积物构成	受到强烈切割的高原（平均高约500 m），有的地方为山地地形；主要为致密的岩石
大气环流特征湿润程度	靠近大西洋，极地海洋气团经常重复出现，水分比较充沛，大陆度不高	远离大西洋，接近西伯利亚冬季高压，水分养活和大陆度增强	距离水分源地最远（有山体屏障将其与太平洋隔开）；冬季气候强烈变冷并形成季节性高压；气候比较干燥，且大陆性很强

续表

名　称	俄罗斯平原	西西伯利亚低地	中西伯利亚苔原
地带性的性质 (N 52°以北)	5 个地带：苔原地带、泰加林地带、阔叶泰加混交林地带、森林草原地带和草原地带 混交林地带和阔叶林亚地带向西扩大，宽达 14 个纬度，向东形成楔形，泰加林地带和草原地带向东扩大 各地带的界线因地势影响而变得非常复杂	4 个地带：苔原地带、泰加林地带、森林草原地带、草原地带 各地带呈完整的纬度带域相互更替，过渡界线不清楚；泰加林所占面积最大，宽达 10 个纬度	2 个地带：苔原地带和泰加林地带；森林草原和草原呈岛状分布于泰加林地带内 泰加林达到最大的宽度（宽达 20 个纬度），其界线在这里达到它的南北极限 地带性因地形影响而变得很复杂；有些地方表现出垂直带性（山地苔原）
植被特征	阔叶树种分布广泛，在泰加林中以暗针叶树种占优势	几乎没有阔叶乔木，泰加林中以暗针叶树种占优势	完全没有阔叶树种，在泰加林中以亮针叶树种占优势
多年冻土分布 沼泽化程度	仅仅见于苔原东部 北半部很显著	见于苔原和北泰加林中 普遍强烈	普遍分布 较弱

（3）亚地区

亚地区是地区的一部分，其范围内具有最明显的地势起伏与地质构造一致性，每个亚地区的地质构造、地貌形态、地表沉积物性质等基本相似，气候、土壤、植被以及土地类型的组合也具有明显的共同性。

当大地构造-地势分异清楚时，地质地貌基础仍是划分亚地区的标志，它大致相当于大地构造的Ⅲ级单位。在中国，典型的亚地区有山西高原、四川盆地、柴达木盆地、阿拉善荒漠、准噶尔盆地、塔里木盆地、东天山山地、阿尔泰山山地等。

当大地构造-地带分异不清楚时，亚地区的划分需考虑山系和盆地的组合状况。如鲁东鲁中山地、大别山南麓盆地及邻近丘陵山地平原等区。亚地区的划分有的要反映气候省性差异，所以其界线不一定与地貌区划中相应单元完全符合。

（4）自然州

自然州是比自然亚地区低级的非地带性单位，也称为“次亚地区”。目前对它的研究很不充分。一般认为，自然州的划分标志是亚地区内地质地貌的差异，以及由此产生的其他自然条件的变化。一般来说，州的范围大致与Ⅳ级大地构造单位相当，但也不是绝对的。在山地区划自然州时注意山系的中等组合状况，在平原区则应注意沉积物的分布状况和气候省性分异。

从分析的角度出发，一部分自然地域单位的分化主要取决于地带性因素；另一部分则主要取决于非地带性因素。因此，自然地域单位可分为双列等级系统：地带性区划单位和非地带性区划单位。从综合的观点出发，双列系统的自然地域单位虽然都是具有综合性的自然地域单位，但它们却只是分别侧重反映某一方面的地域分异因素，因此应视为不完全的综合性地域单位。这样说来，地表应存在着综合反映地带性因素和非地带性因素的自然地域单位，这就是单列条件。

主张采用双列系统的学者以 Исаченко 为代表，其观点如下：

- 综合自然区划的等级系统应当反映出客观存在的两类起因不同、互不从属的地域分异

规律。由于地表自然界存在着反映这两类分异规律性的地域，所以综合自然区划也就应有双列等级系统。

● 两个“互不依存和没有从属关系”的系列，“只有在景观中才完全结合起来”。由于自然区划不是经常都分到景观，因此需要一种特殊的“联系单位”(affiliation unit)把两个等级系统联系起来。这种联系单位是在地带性单位和非地带性单位叠置后获得的，而且只有等级相对称的单位叠置才是合理的。

● 地带性单位和非地带性单位是基本的，而联系单位是次要的。

根据 Исаченко 的观点，把地带性单位和非地带性单位分别作为纵横坐标轴，其等级对称的单位交叉叠置所得的联系单位如图5.4所示。

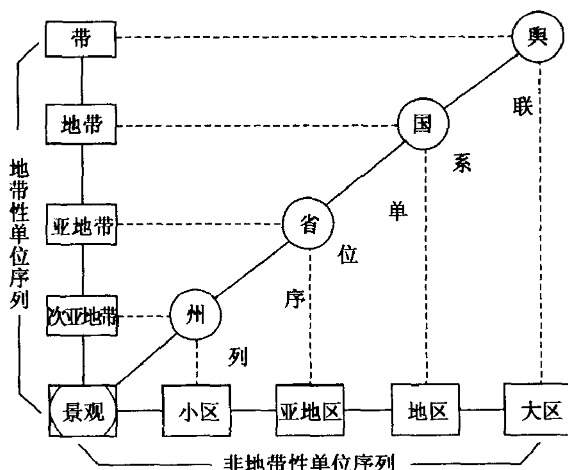


图5.4 双列系统相叠置的联系单位序列

据此，苏联的许多区划工作者都采用了双列系统，如 Крынов(克雷诺夫)、Арманg、Суснов(苏斯诺夫)、Шукин(舒金)等。Крынов 第一次运用双列系统划分了地区、地带、亚地带；省、州、亚州两个序列，贯彻双列系统最彻底。中国河北、陕西、河南等省在20世纪60年代也曾采用双列系统进行自然区划。

(二) 单列系统

主张采用单列系统的学者认为：

● 从分析的观点出发，根据地域分异的地带性规律和非地带性规律，相应地划分两类不完全综合的地域单位，并建立双列系统是完全必要的。但从综合的观点出发，综合自然区划应当综合反映地域分异的规律性，划分完全综合性的地域单位，并建立完全综合的单列等级系统；

● 单、双列等级系统，并不是互相排斥、对立的。在一定意义上讲，双列等级系统中的“联系单位”恰好相当于单列多级系统的区划单位；因此，“联系单位”不是次要的单位，而是主要的或基本的单位；

● 双列系统确实有一定的实践意义，但在综合自然区划中，它只是获得完全综合性区划单位，建立完全综合性的单列系统的重要手段和必要步骤。

由上述可知，单列系统和双列系统的理论依据基本一致，其主要分歧在于强调的方面和使用的术语不同。

在综合自然区划中，究竟怎样划分完全综合性的地域单位并建立起由这些单位构成的单列等级系统呢？简单地说，就是按照区划的原则和方法，首先划分地带性单位和非地带性单位，然后通过有机联系的叠置和对比分析建立完全综合性区划等级系统。这里的叠置包含两方面的意义：一是指等级相称的单位叠置；二是指并非机械的交叉，而是通过地理相关分析的基础上交替运用不同的主导标志对叠置后的界线进行适当的调整和修正。也就是说，双列系

统的不完全综合的区划单位通过有机联系的叠置可以转化成由完全综合性区划单位构成的单列系统。

双列系统区划单位的叠置,使地带性区域单位内有非地带性差别,非地带性单位内有地带性差别,从而形成了两种综合性区划单位——省性单位和带段性单位。它为单列系统在带内划分地区、地区内划分地带等提供了理论依据。

基于上述思想,陈传康等地理学家曾拟定了两个通过双列系统获得单列系统的示意图示(图 5.5,5.6)。

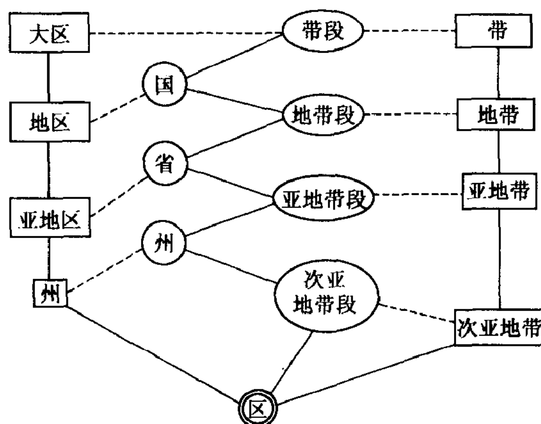


图 5.5 由双列系统获得单列系统的示意图

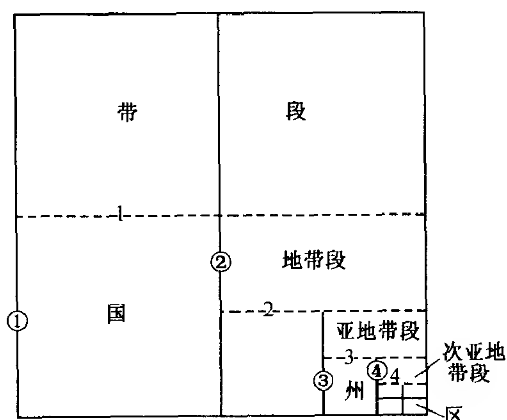


图 5.6 单列系统逐级划分示意图

① 大区界线,② 地区界线,③ 亚地区界线,④ 州界线;

1. 带界线,2. 地带界线,3. 亚地带界线,4. 次亚地带界线

从图示可以看出单列系统所包括的区划单位自上(高级)而下(低级)依次为:带段-国-地带段-省-亚地带段-州-次亚地带段-区(景观)。其中,带段(belted sector)、地带段(zonal sector)、亚地带段、次亚地带段是带段性单位,即非地带性单位内的地带性分异;国(страна)、省(провинция)、州(округ)、区(район)是省性单位,即地带性单位内的非地带性差异,借用行政区划的等级单位名称,使级别一目了然,但又不是行政单位。

其中，高级单位质的规定性大致如下：

(1) 带段

自然带和自然大区叠置后得出的第一级带段性单位。因为它是自然大区内的一段自然带，所以在热量条件、大地构造单位和大地貌单元的组合特征等方面都具有共性。又因为它是气候省性的最高级分异单位，所以它又有一定的地带谱。例如，中国东部季风大区可划分为赤道带、热带、亚热带、暖温带、温带（中温带和寒温带）5个带段。

(2) 国

国是带段的一部分，它是非地带性单位的地区与带段叠置后的产物，是最高级的省性单位，是带段内地质地貌省性和气候省性相对一致的较大的区划单位。划分自然"国"的标志，首先考虑的是大地构造基本单元的一致性。因为一定的地质地貌省性常伴随形成气候过程的省性。每个自然国都具有一定的大陆度、环流特征和地带谱，常为一定的占优势的土类系列所分布的地域。例如，中国东部季风大区的暖温带（带段）范围内所划分的湿润地区、半湿润地区和半干旱地区，便属于自然国一级的区划单位。

(3) 地带段

地带与国叠置后的第二级带段性单位，是国内次一级的、水热对比关系相对一致的区划单位。每个地带段都具有相对一致的生物气候土壤特征，地貌发育的外营力作用也具有一定的共性。地域分异主要发生在新生代以来。中国东部季风大区的暖温带，因其水热对比关系具有自东南向西北递变的特点，所以地带段是东北—西南向延展。西北干旱大区的各带段，由于深居内陆，水热对比关系具有由南向北递变的特点，所以地带段大致呈东西向延伸。例如，西北温带干旱地区内的荒漠草原棕钙土地带、荒漠草原灰钙土地带、荒漠灰棕漠土地带便是大致呈东西向延展的地带段。

(4) 省

地带段内省性分异的单位，也就是亚地区与地带段叠置后的产物，是第二级省性单位。它是在地带段范围内按照地质地貌省性或气候省性的分异而划分的。具体说来，当地带段内的地质地貌省性差异明显时，可以划分出平原、丘陵、高原和山地之类的自然省；当地带段内的地质地貌省性差异不太清楚时，可根据气候省性的差异划分自然省。在一般情况下，每个自然省大致相当于一个Ⅱ级或Ⅲ级地质构造单元的范围，它具有一定的地方气候（山地气候、海岸气候等）特征和一定的优势植被纲，并与一定的土壤亚类和土属的分布密切相关。山地自然省还有其一定的垂直带谱。中国典型自然省的实例有三江平原、海河平原、四川盆地和丘陵、秦巴山地、大别山地、贵州高原等。

据此依次类推，省内的地带性分异→亚地带段，亚地带段内的省性分异→州……，交替使用地域分异的带段性标志和省性标志逐级划分至止区（景观）。鉴于国内外对于省以下单位的研究还很不深入，所以不再逐一详述。

中国1959年出版的《中国综合自然区划》即采用单列系统。自上而下依次把全国共划分为3大自然区（东部季风区、蒙新高原区、青藏高原区），6个热量带与亚带（赤道带、热带、亚热带、暖温带、温带、寒温带），18个自然地区和亚地区（湿润地区8个、半湿润地区3个、半干旱地区3个、干旱地区3个），28个自然地带与亚地带（10个地区仅各有一个地带，另8个各含2～3个地带），90个自然省。自然省以下只列出了区划单位的等级名称，而未进行具体区划。其等级系统及其各级区划单位的名称、代号、实例和对应单位如表5.4所示。

表 5.4 《中国综合自然区划》系统举例

等级序列	名称	举例		对应单位
未列级	自然大区		中国东部季风大区	舆
	热量带与亚带	Ⅲ	暖温带	带段
第一级	自然地区与亚地区	ⅢB	半湿润地区	自然国
		ⅢC	半干旱地区	
第二级	自然地带与亚地带	ⅢB1	半干生落叶阔叶林淋溶褐土地带	地带段
		ⅢC1	干草原黑土地带	
第三级	自然省	ⅢB(3)	黄淮平原省	自然省
		ⅢC(2)	陕甘黄土高原丘陵省	
第四级	自然州			自然州
第五级	自然县			区(景观)

5.4 综合自然区划的下限单位——景观

综合自然区划的下限单位——景观是地带性因素和非地带性因素共同作用最一致的区域,它在综合自然区划的等级单位中占有特殊的地位,是联系自然区划和土地类型的桥梁。

(一) 景观及其特征

1. 概述

在综合自然地理学的发展过程中,关于“景观”一词,有下述三种理解:

(1) 把景观理解为类似地貌、气候、土壤、植被等的一般概念,当做“自然地域综合体”,这是广义景观。

(2) 理解为类似生物学中的“种”,具有分类含义的自然地域综合体,是自然地域综合体分类的对象和起始单位。

(3) 理解为自然地理综合体的个体区域单位,相当于自然区划等级系统的下限——自然地理区,这是狭义景观。

不同的理解曾在地理学中引起很大的争论。尤其是上述后两种狭义理解的景观,以致形成两个学派——区域学派和类型学派。所谓景观的类型学派和区域学派,除针对的对象和研究侧重点不同之外,在对自然地理综合体的划分和制图方法等基本理论方面仍比较接近。因此,上述分歧可以在下述前提下得到统一:即承认类型学派的“景观”是区域学派的高级形态单位的(地方)的类型;区域学派的景观是类型学派的自然地理区。至于广义景观,因其简练而通俗,仍可作为“自然地理综合体”的同义词在一般情况下使用。

本节所述“景观”是综合自然区划的下限单位,它是地表一个独特的区域单位,不仅具有明显的个性特征,而且占据着一个特殊的位置:一是两类综合自然区划单位——地带性区划单位与非地带性的结合部;二是综合性自然区划单位与土地分级单位的结合部。因此,景观既不同于土地分级单位,又与其他区划单位有所不同。

2. 景观的特点

景观的特征主要表现在以下几个方面：

（1）景观具有最一致的地带性和非地带属性。景观内的地带性分异不占优势，非地带性分异也不占优势。从两类分异因素来看，景观是两类分异因素共同作用的最后一级分异结果，可以说，它是地带性和非地带性的对立统一体。在景观内地带性的完整特征和非地带性的完整特征都可以得到反映。但景观内仍有差异，不是地带性和非地带性分异，而是地方性分异（地形、岩性土质、小气候、人类）。这一特征是其他区划单位和土地单位都不具备的。

（2）景观分布区与各部门自然地理区域下限单位的界线是相吻合的，即景观界线与气候区、地貌区、土壤区、植被区等的界线大致符合。

（3）景观保存有全部高级区划单位的典型特征。因此，一方面它能够提供区域的典型自然特点和自然资源的全面认识而有别于土地分级单位；另一方面景观的类型特征的不同程度的概括，可以作为划分各级区划单位的一种标志。

（4）景观的个体特征和非重复性都比土地单位显著，因此可对每个景观进行单独研究，而土地单位由于自己的典型特征多次重复出现于许多个体之中，一般只着重类型研究。

（5）相对于土地分级单位而言，景观具有较长的年龄和较大的稳定性。土地单位在受到人类活动干扰后所发生的变化，在人类历史时期就可以看到，如围湖造田可以在短时间内使水下处境改变为水上处境，而对景观的改造却需要很长时间，景观内土地单位的变化累积到一定程度才可能导致景观的整体变化。即使人类对景观的影响已改变了它原有的面貌，但仍然不能改变它基本的地带性和非地带属性。改变后的景观——文化景观，尽管可能具有某些新属性，但其基本属性仍可以在不同程度上得到表现。

3. 景观的定义

由此可见，景观是一个特征十分明显的区域单位，然而至今还没有关于景观的精确而详尽的定义。Солнцев（宋采夫）认为："地理景观应当是这样一个发生上一致的区域，在其范围内可观察到地质构造、地貌形态、地表水和地下水、小气候、土壤变种、植物群落和动物群落的同一种相互联系的结构的有规律的和典型的重复"。这一定义着重指出了景观的发生统一性和形态结构的复杂性。Исаченко 指出："景观不论在地带性或非地带性方面都具有一致性"。如果将 Исаченко 的论述补充到 Солнцев 的定义中，景观质的特殊性便得到了较详细的说明。

因此，景观可以这样定义：景观是省（或州）在发生上最一致的区域，是地表在地带性和非地带性方面最一致的地域地段，它具有自己特有的形态单位质与量的对比关系，并以此对比关系与相邻景观区别。

（二）景观的同一性

虽然景观的上述特征在很大程度上是明确的，但要据此来具体划分景观还是困难的。为此必须研究景观划分的主要依据——同一性。景观的同一性包括了发生同一性、地带性和非地带性同一性、组成成分同一性和结构同一性 4 个方面。

1. 发生同一性

景观的发生同一性是指每一个景观都是作为统一整体发展的，它具有自己的起源、年龄和历史。应该指出，景观发生同一性并非组成成分发生的同时性。景观的组成成分（地貌、土壤、植被等）和部分（土地单位）的发展是不平衡的，它们各有自己相对独立的发展过程，而应指"根

源于其形成过程,根源于它成为整体的过程”,是景观发展的共同道路。何况,在景观发展过程中,各成分是逐渐产生的,因此景观的所有成分和特征不可能是同时产生的。景观的年龄是不同的,每个景观都有自己的“生日”,俄罗斯平原在古生代初期就已开始发展,但其西北部随着末次冰期的退缩,形成了滨涅瓦河景观、中部高地景观和下武奥克萨景观,3个景观形成时间各不相同。

另外,要区别景观范围内的固体基础的地质历史、古景观发展史和现代景观发展史3个不同的发展历史。由于景观发生同一性是指现代景观而言,因此现代景观发展史的时间即为景观的年龄。每个景观的年龄是不同的,其年龄应从演替过程中新类型景观出现的时间算起,即从景观形成现代结构的时间算起。确定景观年龄需要研究区域古地理资料。

2. 地带性和非地带性同一性

关于这一点,在景观的第一个特点里已作了论述,这里不再赘述,但需强调几点:

(1) 景观具有最一致的地带性和非地带性条件,一个景观的自在发展正是在同一条件影响下进行的,而相邻景观的发展是在另一个条件下进行的。因此,作为景观发展条件的地带性和非地带性因素是确定景观界线的重要依据。

(2) 景观是地带性区划单位和非地带性区划单位两种不完全区划等级系统的最后一级,只有它才体现出两类分异或两种区划单位网络的吻合。

(3) 景观的组成成分及其土地单位都在一定程度上表现出一致的地带性和非地带性属性,可以通过这些特性的研究来确定景观的界线。

3. 组成成分同一性

景观的组成成分统一性是指景观具有与之相应的地质构造、地貌、气候、土壤、植被等组成部分。因此,在景观中地表的各种不同区划,如气候区、地貌区、土壤区等的分布区都是吻合的。这是景观区别于高级区划单位的主要标志之一。可见景观组成成分同一性应包括组成成分自身的同一性,景观和组成成分分布区的同一性两种含义。

景观的地质基础相当于Ⅳ～Ⅴ级单位之间,是Ⅴ级的组合。地貌同一性表现在相应于同一地貌综合体,即具有同一发生的中等地貌形态有规律组合。景观的气候相当于 Хромов(赫罗莫夫)的“景观气候”,景观的植被相当于群众复合体,土壤则是土壤复区。

由于各组成成分有相对独立性,因此其界线也不一定都很明确、吻合。在根据景观组成成分同一性来确定景观界线或采用部门区划叠置法划分景观时,还需进行地理相关分析作适当的调整和修正。

4. 结构同一性

每一个景观都具有自己独特的结构,这是景观最明显的特征之一。景观结构包括两方面:景观各组成成分之间相互作用的性质(称为景观的组成结构);景观形态单位组合的性质(即景观的形态结构,现在称为土地结构)。因此,景观的结构同一性也有组成结构同一性和土地结构同一性两个方面。

(1) 组成结构同一性

组成结构同一性指每一个景观都具有一定的组成成分以及它们之间相互联系的性质。景观有相应的地质、地貌、土壤、植被等组成成分,不同景观的组成成分的特点是有区别的。景观的整体、特征取决于其组成成分相互作用、相互联系所表现出的性质和特点。因此,组成结构同一性就意味着组成成分特点的相同及它们相互作用特点的相同两个方面。

（2）土地结构同一性

土地结构同一性指每一个景观都具有一定的土地类型以及它们之间按一定的相互关系所构成的格局（或组合方式），并表现出与另一个景观的土地类型及其组合方式有区别的特征。

综上所述，景观与其他区划单位一样具有相对的一致性。但由于它在综合自然区划单位中的特殊地位，其一致性的程度远较其他单位大，而且表现得比较全面。正是这一原则，一般都公认景观是区划的下限单位。同时，由于景观的特殊地位，对它的研究具有重要的理论和实践意义。景观研究一方面是进行"自下向上"自然区划研究的基础；另一方面也是确定一个区域的大农业生产构成方向，合理利用和保护自然资源的科学根据。

5.5　山地综合自然区划

山地自然区划是综合自然区划研究中的一个特殊问题，目前这一问题的研究在国内外都是一个薄弱环节。山地自然综合体既沿高度方向分异，也沿水平方向分异，其复杂性给山地和高原地区自然区划带来很大困难。中国是一个多山、多高原的国家，中国自然区划研究之所以复杂，与此颇有关系。

山地综合自然区划，一般应该运用与平原区划相同的原则，因为地带性因素和非地带性因素在山地的地域分异中同样在起作用。但山地也有与平原不同的特殊规律性，这主要表现在因地势隆起的影响带来的山地垂直分化和垂直带的现象，因而使山地综合自然区划比起平原综合自然区划要复杂得多。

（一）地带性对山地分异的影响

（1）地带位置决定垂直带数量

山地所在的地理纬度决定垂直带的结构。处在不同的纬度地带位置上的山地有不同的垂直带系列，表现在垂直带的数量不同，垂直带的组合不同，反映出自然界的多样性和特殊性。

（2）地带性因素对山地水平分异的影响

沿纬线延伸的山体，往往加强纬度地带性因素的作用，使山体成为两个地带的重要分界线，如秦岭成为亚热带与暖温带的分界线。地带性的影响，特别清楚地表现在沿经线延伸的山体上。如大兴安岭，由于受地带性分异因素的影响，从北到南被划分成三个地带：北部的明亮针叶林-棕色灰化土地带、中部的草原-黑土地带、南部的干草原-暗栗钙土地带。

（二）经度省性对山地分异的影响

经度省性主要反映海陆之间的相互作用，因而与海洋的距离与大陆中心的距离，对湿润的海洋气流登陆有重要影响。经度省性对山地分异的影响，也有两种表现：

（1）对南北走向山地的影响

如大兴安岭，东坡距海近，为温带半湿润草原-黑土地带；西坡由于距海远，成为温带半干旱干草原——暗栗钙土地带。加强了经度省性的作用。

（2）对东西走向山地的影响

如天山中部和东部，由于西来的气流越往东部越弱，东部就比西部干旱，这不仅影响平地的植被和土壤，而且在垂直带结构上也有明显反映，同一类垂直带分布的高度东部高于中部，

这种差别主要受经度省性控制，正因为此，《中国综合自然区划》才将天山划分为天山中部和天山东部两个不同的省。

(三) 山势特征对山地垂直带结构的影响

山势特征是指山脉的走向、高度、坡向等。坡向对垂直带结构有重大影响，它决定势量条件和湿润情况的差异。人们一般分太阳坡向(斜坡对太阳光线的位置)和风坡向(斜坡对气流的关系)。南坡比北坡增温高、蒸发强，在其他条件相同情况下南坡比北坡干燥。风坡向直接决定降水量，也影响热力状况。因此，山坡的热量和水分平衡决定于太阳坡向和风坡向的共同影响。太阳坡向在中纬度作用明显，低、高纬作用不明显。风坡在过度湿润地区的作用较小，而随气候干燥度的增大而加强。

垂直带系列表现的程度和完备程度取决于山地隆起的绝对高度。因此，山地在景观方面可以分为三类：低山(可观察到一个垂直带)、中山(存在两个或几个垂直带，没有高山带)、高山(具有高山带或冰雪带)。这实际是山地景观的分类，与地貌学上低山、中山、高山的分类指标是很不同的。

(四) 非地带性单位类型

按水平地带性和垂直地带性在起伏不同的地貌面上的作用强度的差异，可以得出两者的关系阶梯图(图 5.7)，图示反映了水平地带性和垂直地带性的内在联系：从左至右水平地带性逐渐增强；从下至上，垂直地带性逐渐增强。

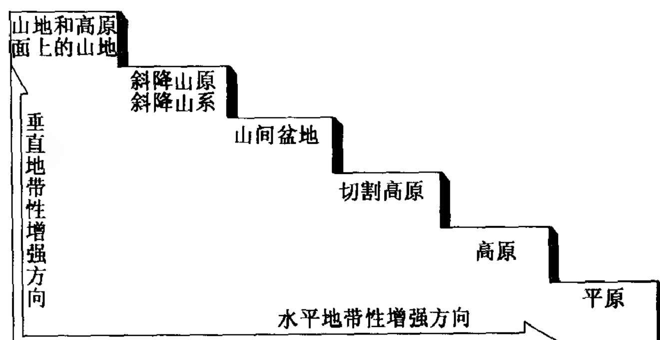


图 5.7 山地的非地带性单位

(1) 平原。主要以水平地带性为主，是水平地带的典型区域，按照一般的区划原则和方法处理。

(2) 高原。主要指具有完整概括高原面的典型高原，如蒙古高原、贵州高原东部。在高原面上发育着水平地带，但由于地势较高，对周围低山来说，有具有垂直地带性，所以又称为隐垂直-水平地带性。在区划中，目前仍按照“水平地带性”表现处理。

(3) 切割高原。如中国的云贵高原南部，自深切河谷到高原顶面有垂直地带性表现，但所占面积有限，而在面积较大的高原面上表现为水平地带性，故可称为垂直-水平地带性。在区划中最难处理，有人采用“类型区划”的方法处理。

(4) 山间盆地。盆地内具有一定的水平地带性表现，盆地边缘的山地则具有显著的垂直

地带性表现，故称为水平-垂直地带性。按照垂直地带性谱的地带性和省性进行区划。

(5) 斜降山原和斜降山系。它们在河谷和盆地下降不深，但山地坡面必然带有垂直地带性的烙印；而当其作南北延伸或南北相间分布时，又必然含有水平地带性的意义，故称为隐水平-垂直地带性。有人按照基带的水平地带性进行垂直-水平带划分。

(6) 高大的山地和高原面上的山地。它们均以垂直地带性占绝对优势，是地域垂直分异的典型地区。按照垂直带谱的地带性和省性进行区划。

(五) 山地景观的划分

同平原一样，山地景观是山地综合自然区划的基本单位，有了这个基本单位就可自下而上地进行合并。对于山地景观的划分问题，涉及到山地垂直带与景观的关系问题：即一个垂直带相当于一个景观，还是一个垂直带谱相当于一个景观的问题？对此，有两种观点：

第一种观点认为，山地景观包括整个垂直带系列，而每一个单独垂直带则构成景观内的一部分。这种观点强调垂直带只是一个土地单位，不能充分反映山地的全面自然特征和天然资源的多样性，它只是自然的片断，只有垂直带谱才能充分反映山地的全面自然特征。

第二种观点认为，山地景观应在垂直带范围内划分。如秦岭北坡是陡峻的山地，可以分水岭为界，从东向西根据垂直带谱的差异去划分景观。南坡为斜降山地，沟谷水系本身的差别相当大，就可根据小流域作为一个自然地理小区，把重复出现的小区再合并为山地景观。

另外，有人提出补充，认为当一个垂直带上下段大地构造差别较大时，应把它区别为两个或三个景观。就是说，在陡峻山地，划分景观既要考虑充分反映整个垂直带谱特点，又要考虑到沟谷系统发育和大地构造的差别。因为垂直带谱只反映地带性特征，大地构造即可反映非地带性的一致性。在以低山为主(可观察到一个垂直带)、个别有中山的区域(可有两个或多个垂直带)，在一个垂直带大范围分布时，可把个别突出的中山当作一个景观，周围的低山，根据土地单位质和量的对比关系来划分。如川东平行岭谷，重庆附近的平行岭谷呈鸡爪状排列，应作为一个山地景观，但在平行岭谷中有一个中山——华蓥山，应作为另一个景观。在夹有平原盆地的冀北间山盆地，内部也可分为几个景观。

上述便是山地划分自然地理区的标准。这些标准切实可行，便于实际应用。

(六) 实例

下面以北京市怀柔区和北京山区为例来加以说明。

1. 怀柔区自然区划

Ⅰ. 南部平原区

$Ⅰ_A$ 低洼平地小区　　$Ⅰ_B$ 砂质平地小区

$Ⅰ_C$ 冲积平地小区　　$Ⅰ_D$ 洪积台地小区

Ⅱ. 中南部低山丘陵区

$Ⅱ_A$ 红螺山-大羊山丘陵小区　　$Ⅱ_B$ 黄坎-沙峪河谷盆地丘陵小区

$Ⅱ_C$ 青蛇岭-峪道河低山丘陵小区

Ⅲ. 中部山地区

$Ⅲ_A$ 凤驼梁中山小区　　$Ⅲ_B$ 黑坨山中山小区

$Ⅲ_C$ 云蒙山中山小区　　$Ⅲ_D$ 崎峰茶低山小区

Ⅲ$_E$ 琉璃庙低山小区

Ⅳ. 中北部河谷低山区

Ⅳ$_A$ 汤河-白河谷旁丘陵小区　　Ⅳ$_B$ 汤河南部低山小区

Ⅳ$_C$ 汤河北部低山小区

Ⅴ. 北部山地区

Ⅴ$_A$ 碾子-喇叭沟门低山小区　　Ⅴ$_B$ 猴顶山-帽儿山中山小区

各自然区的主要特征如下：

(1) 平原区

本区地势平坦，东南部为潮白河谷地，南部为壤质冲积平原，东北部土壤沙性较重，西北部为山前洪积台地。根据土地结构特点，本区主要发展方向以种植业为主，可据土壤质地、排水条件，对不同土地类型安排合适的作物，并据劳动力和肥料供应条件安排合理的轮作制，适当压缩三茬套种面积，增植绿肥作物。在发展粮食生产的同时，积极发展油料、猪、鸡、大牲口(家畜)、浆果(葡萄、草莓)和渔业生产。

(2) 中南部低山丘陵区

本区位于平原西北部，北至长城。除一部分低山外，以丘陵和丘间切割台地、河谷阶地为主要土类型。热量、降水充足，地面排水条件好，大都为向阳坡，适于发展果业，尤应加强干果业(板栗、核桃、大扁等)的发展，牧业可以养猪、养驴、养蜂为经营方向。

(3) 中部山地区

山高坡陡，应以林业为发展方向。一部分低山谷地可以发展核桃、大扁、红果，向阳的酸性土下部缓坡可适当发展板栗。牧业经营方向主要是驴和羊。在植被未完全恢复前，应控制山羊发展，积极加强水土保持工作，以封山育林和修建坡地梯田为主要措施。

(4) 中北部河谷低山区

这里具有宽广的暖干河谷，谷底1～2级阶地是主要农业生产用地，两旁分布着宽广的切割丘陵，从丘陵向河谷过渡分布有切割台墚地和高阶地。这种土地结构，要求引水灌溉发展河谷种植业，利用丘陵发展柞蚕养殖，还可适当发展大扁、红果、秋子梨、苹果、槟子等果类。牧业的经营方向为猪、鸡、大牲口、羊、蜂等。本区极需加强水土保持工作，主要是控制山羊放牧、减少樵采，以利于封山育林，恢复天然植被，减少山洪暴发次数和规模，增加常流水流量，使谷地，特别是低阶地耕地不受冲毁，并有更多水量供引灌。

(5) 北部山地区

本区多为花岗岩和片麻岩低山，西北部还分布有少量中山，西北 东南向河谷下切，形成若干谷地和少量谷旁丘陵，谷地中下游阶地较宽，是主要的农业生产用地，上游耕地分布有限。本区生产发展方向应以林业为主，重点是恢复植被，建立水源林自然保护区。牧业经营方向以养牛为主。果业以红果、山杏为主。因位置偏北，粮食作物可增加土豆比重，玉米应选种生长期短的品种，还可种植晚季蔬菜。

2. 北京山区自然区划

北京市土地类型图已编制完成，故可采用以土地结构为基础的“自下而上”的区划方法。

北京市山区的农业区划是根据水热气候条件和山地水文结构，首先分为西山区、北山区两

个一级区，在一级区内共划分出17个二级区。下面简述两个一级区的特征。

(1) 西山区

西部山地包括西山的两大山脉灵山和百花山、房山的大洼尖、清水河、永定河和大石河谷地等地，可以大致划分为三种土地类型。

● 灵山和百花山等山地，海拔2000 m左右，由石灰岩、砾岩、砂页岩和火山岩构成，山地较陡峻，居民点较少。土层一般在50 cm左右，加强封山和植树造林，可以恢复落叶阔叶林植被，并可营造部分松、柏林。局部平地在采取水土保持措施后，可作为土豆留种基地。

● 大洼洋、猫耳山等低山丘陵，山顶海拔高度在1000 m左右，岩性为石灰岩、花岗岩、砾岩、砂页岩等。山地一般较和缓，沟谷地多已建成坡田和梯田，山坡植被覆盖较低，首先要封山育草、山坡分地段轮换放牧，并有计划地植树造林，逐渐恢复天然植被。对沟谷地的梯田、坡田要加固整修，实行以果林为主的经营方针，大力种植柿子、核桃、苹果、板栗、梨、红果、杏、桃、枣等。发展养蜂、养蚕业，饲养大牲畜，增加肥料。

本区有十渡、上方山、云居寺、周口店、潭柘寺、八大处、香山、鹫峰、妙峰山等重要风景旅游地，应增加人力、物力，加强管理，提高旅游价值。

● 清水河、永定河和大石河谷地，谷底地势低，有多级阶地，热量条件比较好，水分充足，土地一般有灌溉条件。要加强修整田块以保水保肥，大力发展果林，栽种柿子、板栗、核桃、苹果、梨、杏、枣、红果等。发展养蜂、养蚕业，饲养大牲畜，减少山羊头数，封山育草，轮换山坡放牧，减少樵采。山地要植树造林，保持水土，禁止烧坡垦田，防止发生泥石流。

(2) 北山区

本区指北京北部的燕山山地，与西山区大致以笔架山至高崖口一线为界，从地貌和土地利用角度可分为三种土地类型。

● 海坨山、云蒙山中山山地，南猴顶、帽山中山山地和密云北部、东部和平谷东北部中低山地。

海坨山、云蒙山较高大陡峻，岩性主要为花岗岩、石灰岩。海拔高度在1500～2000 m，山地呈东北-西南走向。夏季南坡为迎风坡，气温、降水条件比较好；冬季北坡为迎风坡，气候寒冷干燥。局部地段分布有山杨林和辽东栎林，但常见樵采、烧炭、毁林开荒地段。应加强封山育林，以逐步恢复天然植被。

南猴顶、帽山中山山地，地处北京市最北部，海拔1300 m左右，岩性以花岗岩、闪长岩为主。气候比较湿冷，较高处植被生长良好，以山杨、辽东栎林为主，部分地区为油松林和侧柏林。本区应建成密云水库的水源涵养林，不宜采取片伐方式。要限制山羊发展，改以养牛为主。耕牛和肉牛并重。适当发展果业。

密云北部、东部和平谷北部中低山，大部是雾灵山支脉。海拔在800 m以上，岩性为片麻岩、石灰岩、正长岩和砂页岩。气候温和，雨量中等，有成片的山杨、辽东栎、椴树林分布，小片油松林和侧柏林生长良好。应加强封山育林，保持水土，发展牧业，建立人工草被。适当发展果业，增加经济收入。

● 延庆盆地、白河和汤河谷地、密云水库等三个自然区

延庆盆地地面平坦，中部土壤以粘重的潮土为主，周围的扇形地以砂性褐土为主。盆地海拔470～600 m。气候干寒，多大风。地表低湿处除种植农作物外，还可发展向日葵、马铃薯，部分砂质土适宜建立果园，栽种核桃、枣等木本粮油作物。

白河和汤河谷地处于云蒙山地雨影区，年平均气温在 10 ℃ 左右，为暖干河谷区。山地植被破坏比较严重，仅有少量辽东栎林，水土流失较严重，山坡地势平缓，河谷宽阔，两侧有切割丘陵和多级阶地。河漫滩、阶地农业主要为果粮间作，山地阳坡土层较厚处可以发展核桃、板栗、红果、枣、杏、秋子梨、槟子等水果。山地应封山育林，加强水土保持。牧业要控制山羊数量，改为经营猪、鸡、大牲畜及养蜂、养蚕等副业。

密云水库原为一盆地，潮河、白河在其中流过，四周有切割丘陵和洪积冲积台地。水库修建后，对周围山地的小气候有很大影响，土壤的水分条件变好，空气的温度和湿度都得到调节，植被生长日趋茂密。近期，水库周围栽种了大片油松、侧柏、槐树、桑树及杨树，生长良好，既美化了环境，也保持了水土。本区可以经营林果为主，逐步形成经济林果及风景游览区。

● 昌平、怀柔低山丘陵和平谷、密云低山丘陵区

北京市重要的、大有发展前途的以果林和旅游为主的自然区。本区地势不高，山坡和缓，地貌以丘陵和宽谷为主。水热条件较好，是北京市降水较多的地区之一。其地理位置接近平原，交通方便。本区包括著名的明十三陵、八达岭旅游区，应尽快恢复天然植被，种植风景观赏林和经济林木，以更好地为旅游服务。

怀柔区怀九河、怀沙河流域的板栗质量好，应该大量种植，争取多出口创汇。昌平区和平谷区的柿子味正品优，国内供不应求。其他，如核桃、苹果、梨、葡萄、桃、杏、红果等，都有发展前途。

5.6 综合自然区划单位的类型研究

自然区划通过区域系统研究方法，对地表自然界进行划分和合并，得出一定的区域等级系统，这一系统强调区域单位的个体特征。然而，对地表自然界的研究还存在着另一种系统研究法——分类系统法，即类型研究。这样一来，地域系统研究方法就包括区域划分和类型划分。当然，只有区域划分才是自然区划，这是大多数地理学家所赞同的。但在过去的地理文献中，有人把前者叫做区域区划，后者叫做类型区划。

(一) 区域与类型

(1) 类型单位是通过对某种对象的特征的逐级抽象概括而获得的。自然环境的地域类型单位只存在于其分布区中；而任何等级的区域单位都是具体的，都作为个体区域而存在。

(2) 类型单位作为具体对象的属性是逐级概括的结果，因此单位级别越高，其共同属性越少；而区划单位作为具体区划单位逐级划分和合并的结果，不存在属性的抽象概括问题，愈高级的单位所包含的低级单位愈多，也愈复杂。

(3) 每一个具体区划单位具有空间连续性和完整性，即区域共轭性；类型单位则表现出分离的分布状态，在区域上常常具有一定的分布规律，可以利用低级单位的分布规律作为“自下而上”区划的根据。

(4) 每一级区划单位都属于一定的类型，都可以进行类型研究。

由此可见，两种系统研究方法既平行又有一定联系。自然地理综合体是多级的，自然地理学的类型研究也是多系列的，可以讨论“区”的分类系统，也可以讨论“省”的分类系统。

(二) 分类标志及等级系统

在进行地理综合体分类研究时，必须善于区分地理综合体的分类标志。每一个地理综合体都具有各种各样的特征和标志，分类标志是许多地理综合体所共有的标志。因此，地理综合体的分类应根据分类标志来进行(Перелман)。

大部分地理学家都同意借用生物学的分类等级系统作为各级地理综合体的等级系统。因此，每一等级地理综合体的分类都使用种、属、科、纲、门等。这只是为了方便和便于比较。确定各级地理综合体分类级别的严格定义，是目前这方面研究的重要任务。例如，什么是区种、什么是省属等等。这类研究刚刚开始，目前尚未具备进行系统理论总结的条件。因此，这里只介绍各级地理综合体分类的某些实践方案。

(三) 部分区划单位的分类——实践方案

1. 带的类型

全球应划分为哪些带，实际上便是带的类型问题。某一大陆的带，例如，亚欧大陆寒温带是区划单位，而泛指的寒温带则是南北半球各大陆寒温带的概称，因此是类型单位。带的数量很少，因此一般的带分类只有一级，即只有"带种"一级。英国学者 Herbertson 在其世界区划方案中将地带分为：极带、冷温带、暖温带、热带、赤道带和西藏高原高山区(将其作为特殊区与带并列)六类(图 5.8)。

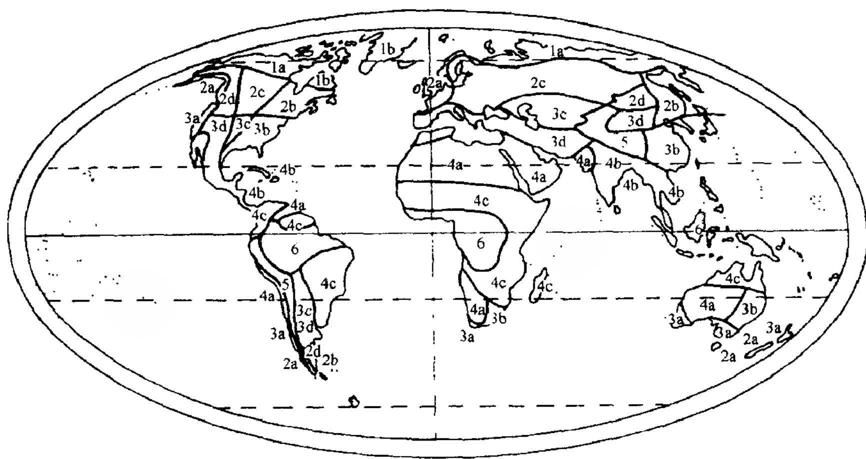


图 5.8　Herbertson 的世界大自然区

1. 极地区：a. 低地(寒漠)，b. 高地或冰冠(格陵兰)；
2. 寒温带：a. 西缘(西欧)，b. 东缘(圣劳伦斯)，c. 中部低地(西伯利亚)，d. 中部高地(阿尔泰)；
3. 暖温带：a. 西缘(地中海)，b. 夏季降雨东缘(中国)，c. 中部低地(图兰)，d. 高原(伊朗)；
4. 热带：a. 西部荒漠(撒哈拉)，b. 热带夏雨(季风区)，c. 中部(苏丹)；
5. 热带或亚热带高山区(西藏)；6. 湿热的赤道低地(亚马逊)

2. 地区的类型

英国学者 Herbertson 在世界区划方案中把大自然区分为 a、b、c、d 四类(图 5.8)，其意义

因所属带而略有不同。《中国综合自然区划》把地区分为四类：湿润地区(A)，半湿润地区(B)，半干旱地区(C)和干旱地区(D)。作者还按所属大区和带，对全国16个地区进行了系统分类。这种两列指标网格法是目前最常用的地理综合体分类法(表5.5)。

表5.5 中国"地区"的分类表

	中国东部季风大区			内蒙古新疆高原大区		青藏高原大区(Ⅳ)		
	A	B	C	C	D*	B	C	D
Ⅰ寒温带	ⅠA							
Ⅱ温带	ⅡA	ⅡB		ⅡC	ⅡD′ ⅡD″			
Ⅲ暖温带	ⅢA	ⅢB	ⅢC		ⅢD		ⅦC	ⅦD
Ⅳ亚热带	ⅣA					ⅦB		
Ⅴ热带	ⅤA							
Ⅵ赤道带	ⅥA							

* ⅡD′为温带干旱地区东部亚地区；ⅡD″为温带干旱地区西部亚地区。

3. 地带的类型

一般说来，泛指的地带，例如草原地带，都是全世界各草原地带的概称，只具有类型意义。在某一大陆、某一国家的地带，如西伯利亚西部低地泰加林地带、华南南亚热带砖红壤化红壤和黄壤常绿阔叶林带等则是区划单位。Берг、Макеев及《苏联简明地理百科全书》都曾对地带进行系统分类。

4. 省的类型

《中国综合自然区划》对省的分类研究比较详细。该区划用两列指标网格法对所划分的90个省按所属地带、地区和带的生物气候和地貌进行了分类。纵向指标是省所属的地带、地区和带；横向指标是省的地貌分类(表5.6)，这一分类体系是比较完善的。苏联最新土壤生物气候区划曾吸取这一经验对其省进行了类似的分类。中国河北省及其附近地区自然区划的分类方案也使用了这一方法。

表5.6 《中国综合自然区划》(初稿)中"省"的地貌分类

(1)	平原与丘陵性平原	平原与丘陵
(2)	丘陵(相对高度小于200 m)	
(3)	低山(相对高度200～500 m)	低山
(4)	具有显著的间山平原或谷地(占总面积不小于20%)的山地	间山平原
(5)	具有明显垂直分带，但只有一个带或亚带占绝对优势的山地	中山与高山
(6)	具有明显垂直分带，但有2个或2个以上带或亚带占有相当比重的山地	
(7)	顶部接近或超过雪线以上的高山与高原山地	

目前，高级地理综合体的分类研究还是非常初步的。然而就是这些初步的分类研究也具有一定的生产实践意义。每一分类的各个体，由于彼此具有共性，其生产实践意义也是相同的，在推广与地域有联系的生产经验和农作物时需予以考虑。由此可见，区域和类型研究在生

产实践上是互相补充的。

5.7　综合自然区划调查和报告编写方法

综合自然区划调查和报告编写可分为室内准备阶段、野外考察阶段和室内总结阶段三个阶段。

(一) 室内准备阶段

室内准备主要是收集资料和分析资料。

1. 收集资料

(1) 地形图

常常要求收集与区划图比例尺相同和比其大一倍的两种地形图。进行路线考察，至少应收集1：20万地形图，才能比较准确定点，并判读地貌形态、植被和土质特点。平原地区至少需1：10万和1：5万。还应注意收集新旧地形图进行对比研究：一方面了解地物，特别是植被、建设、耕地等的变化情况；另一方面可了解外动力地貌，特别是冲沟和风沙地貌的变化。

(2) 遥感影像数据

遥感影像资料包括航片和卫片。卫片比航片覆盖范围大，易于掌握区域全面的大轮廓的地理知识，如山脉、水系的分布状况、植被的分布、城建面貌、农业开垦状况等区域特征，有助于拟订自然区划方案。由于各区域组成成分之间存在着相互制约和适应性，可以根据一部分组成要素的直接判读标志提供另一些"看不见"的组成要素。因此，为进行有成效的遥感判读，而具备各成分相互制约和适应性的关系的知识——地理相关分析，这不仅有助于卫星影像判读，也有助于了解地域分异规律，进而提供该区的大致区划网络。从航片过渡到卫片实质上是一种地貌影像的成像综合(概括)，航片上的一组影像结构，卫片上常成为单一的影像灰度，这有助于利用卫片进行低级区划单位的划分和研究低级区划单位内部的土地结构。

(3) 各种专题地图

包括地质图、矿产图、水文地质图、工程地质图、各种部门自然地理图、农林牧和土壤专题图等，其比例尺最好比拟编绘的区划图大。

(4) 各种调查报告

包括自然条件和自然资源、经济、农林牧业、环保、城市规划等方面的调查报告。

为了对收集的资料有一个系统了解，应编出文献资料目录，资料目录可按出版年限排列，也可确定一个分类系统，然后再按年代排序。文献顺序为：作者、文章(或书名)、期刊名称(或出版社)、卷期(或年份)。对重要文献最好作卡片，摘录有关内容。

2. 分析整理资料

此阶段主要是对部门自然地理要素的分析。

(1) 地质构造分析

首先要了解大地构造分区系统。每一个大地构造单位内部地质构造，如大型背斜、向斜、岩浆侵入体、断层等的分布规律及岩性和分布特征。第四纪沉积物着重分析其成因及各沉积相的分布规律，包括沉积物的组成和结构、与沉积物相应的地貌形态、沉积物的分布位置和形成后所发生的变动情况以及各沉积物的排列关系等。这有助于研究低级区划单位内部土地结

构，其中水平分相变化对自然区划尤为重要。地史的研究目的在于通过它去了解非地带性形成条件。

(2) 地貌分析

重点是通过地质构造对地貌形成的影响，了解当地的构造地貌，特别要分析山地和平原的高度分类和形态分类之间的排列组合关系。外力切割地貌研究是土地结构研究的主要依据。

(3) 气候分析

主要通过对调查区及周围地区气候资料的整理，以及各种等值线图的编制，分析各气候要素的地域分异特点，并从中区分气候地带性分异和非地带性分异。

(4) 水文分析

重点是研究水资源结构，主要是降水的数量和再分配，地表水和潜水，深层地下水的数量和变化动态，以及彼此的相互关系。还需要研究各种水体的利用现状和存在问题，各种水资源的最佳使用方式，区域水资源不足时从外地调水的可能性，全流域水资源的合理开发利用等等。

(5) 土壤分析

着重分析各土类的分布规律、特征，特别是土壤剖面中各发生层次的形成和排列情况，天然土壤和农业土壤的相应关系，土壤肥力状况及分布规律，土壤肥力与土地利用的关系，土壤改良方向等。

(6) 植被分析

了解区系名录之后，着重分析植被类型及分布规律，天然植被破坏后的人工植被分布，栽培作物的种类和分布，如有可能还须了解家畜、家禽的种类和分布，优良品种形成的环境生态等。

3. 研究地域分异规律

在分析部门自然地理要素相互关系基础上，应进一步研究该区的地域分异规律：

(1) 分析由气候地带性分异引起的土壤植被地带性分异，以及水文、外力地貌，包括沉积物的地带性分异。

(2) 在大地构造分异基础上分析构造地貌的分布，新构造运动对地貌形成的影响，地质地貌分异对水文、气候及植物区系的影响，由地势高度所引起的垂直带分异，向风坡和雨影区的差异等等。

(3) 由地质构造(山区)和沉积物分异(平原)，以及水系切割所形成的地表结构骨架，新构造运动形成地文期地貌面的实际组合结构。现代外力作用，如侵蚀、风蚀和风积、浪蚀、刨蚀等，所形成的切割和堆积地貌的组合结构等。

地域分异规律分析是在分析各部门自然地理特征及其相互关系的基础上进行的。这种分析可使综合自然区划报告中的自然特征描述有别于一般部门自然地理描述，从而具有自己的特点。这种分析，实际上已描述出本区区划网络的大致情景，提供了划分各级区划单位的初步根据。

室内准备的最后一项是拟定考察路线和实地考察计划，包括考察日期的安排。

(二) 野外考察阶段

此阶段包括野外考察和政府部门调查两个方面。

1. 野外考察

野外考察路线主要是根据1：20万比例尺的地形图、影像，配备1：20万地质图进行沿线地理相关分析，大部分应沿主要交通线进行，也可补充一些与地带性和非地带性分异方向一致的路线，特别要注意实地验证室内分析得出的下列结论：

(1) 地带分异界线的标准和实际分布，如西双版纳南亚热带和热带的界限。

(2) 与大地构造单位相应的地势地貌分异的实际分布和界线。

(3) 确定各低级区划单位内部土地结构的实际特征，自然区划野外考察涉及范围广大，因此在作好充分室内准备的基础上，除使用汽车外，乘火车顺便观察也有一定意义。

如文献对某地域的实际情况论述不清楚，可根据一定的理论，推导该地的可能特征，然后在路线考察时进行验证。

2. 政府部门调查

路线考察将经过很多行政单位，应对各级行政单位进行调查，进一步收集地方资料，了解社会经济情况，研究土地结构与大农业构成的关系，农林牧业的发展和现状等，特别要收集农业经济、农业政策与农业发展等关系资料，以便进一步分析水热气候条件和土地结构与大农业构成的关系。

(1) 向统计局或农业区划办公室了解区域的全面情况以及发展计划。向计委收集国民经济和社会发展统计资料，向农业区划办收集各项农业自然资源调查报告、农业区划报告、土壤普查报告。

(2) 向农业局、林业局、畜牧局了解农林牧各业的现状和发展情况。农业局了解农业现状及历史发展，特别是作物种类构成、耕作制、轮作制、土壤肥力状况，各分区的大农业构成方向。林业局了解森林分布状况、造林成绩和存在的问题、采伐情况、果业和养蜂业现状和发展。畜牧局了解牧业现状和历史发展、牲畜种类、牲畜结构的历史变化、家禽饲养情况。

(3) 向水利局了解水利资源开发条件和发展计划。气象台站和水文站收集水文气象资料。水利局了解水资源结构及不同资源的最适宜利用方式。

(4) 向地质局和水文地质大队了解区域地质和地下水情况，包括潜水和深层地下水的储存情况、开采水量，各层地下水在农业、工业、城市等不同方面的最适利用状况。

(5) 对城市规划、环境保护甚至园林旅游部门也应调查，从城市规划部门可了解郊区农业情况，环保部门了解“三废”排放对农业的影响，污水灌溉和农业污染等。

(6) 请行政单位领导介绍区域全面情况和发展远景。可提出一些当地领导关心而未完全解决的问题，共同进行研讨。

(三) 室内总结阶段

包括整理数据和整理标本、照片两大类内容。

1. 整理与分析数据

首先是整理收集来的资料，进一步补充原来汇编的文献目录。其次是对资料作进一步分析整理。要在资料分析基础上，研究国民经济和社会发展统计资料中的一些与地理情况相关的生产指标变化和组成结构情况，主要包括：

(1) 各项生产指标的历年变动情况分析；

(2) 农林牧等业的构成情况与自然分区的气候和土地结构的关系分析；

(3) 各分区各业生产指标结构的历史动态变化分析。

通过相关分析，使国民经济统计资料体现具体的实际内容和变化动态。

2. 整理标本照片

整理收集来的岩石、土壤、植物等标本和拍摄的照片等，核实简化的土地类型图或山文水系图，经过整理达到成图要求。

在上述研究分析基础上拟订自然区划方案，编制自然区划图，编写区划报告及说明书。报告的提纲主要包括：

(1) 地理位置和自然经济特征；

(2) 土地类型；

(3) 自然区划；

(4) 各分区特征和生产建设方针的探讨。

(四) 自然区划报告提纲举例

1. 内蒙古鄂尔多斯市自然区划及其农业评价

(1) 地理位置和自然经济特征

- 范围和位置
- 地带性特征和分异
- 非地带性特征和分异
- 地表结构及其对其他成分的影响
- 社会经济条件
- 总地理特征

(2) 综合自然区划

- 区划存在的问题
- 区划等级系统
- 区划方案
- 景观的分类

(3) 农业评价

(4) 本次区划工作的经验

2. 内蒙古鄂尔多斯市伊金霍洛旗自然区划

(1) 自然特征

- 气候
- 地质基础
- 下伏地貌和水系
- 地貌
- 植被和土壤
- 区域发展史和人类活动的影响

(2) 综合自然区划

- 本旗所属的地带问题
- 地区和省的划分

- 州的划分
- 区的划分

(3) 从自然区划系统看本旗的生产方向问题

3. 实例启示

从上述两个实例可以看出：

(1) 在描述区域自然经济特征时，必须摆脱按部门地理成分的传统描述法。大范围区域可使用上述第一个实例的方法；小区域的地带性和非地带性分异不明显，可以这两类分异为背景论述其特征，然后论述各部门地理特征及其相互关系，第二个实例可作为参考，目的是使为综合自然区划服务的地理特征描述区别于一般部门描述。

(2) 尝试在自然经济特征分析基础上探讨区域的总地理特征，或结合自然条件分析农业经济和生产条件，确立以区域自然资源合理利用为中心的、自然和经济密切结合的新形式区域综合地理研究方向。

(3) 在缺乏全区景观测绘的条件下，利用地形图和卫片编绘地表结构图(山文水系图或简化的土地类型图)，结合区域地带性和非地带性条件进行自下而上相结合的区划；在具有全区景观测绘的条件下，则可利用土地类型图进行自下而上的分区。

(4) 这些提纲都重视从自然经济特征出发对该区自然条件及其内部分异进行针对某一服务目的的综合评价，使区域自然和经济描述有机结合。

为了简化各分区的文字描述，自然区划报告常列出相应各级区划单位的特征描述表。报告还须附有一定的图表和照片。

复习思考题

5.1 举例说明对自然区划的理解，并比较部门自然区划与综合自然区划的异同？

5.2 自然区划的原则有哪些？在具体进行区划时如何贯彻？

5.3 什么是顺序划分与合并区划法？

5.4 自然区划的原则与方法有何紧密联系？

5.5 区划研究与类型研究有何区别与联系？

5.6 什么是综合自然区划的单位等级系统？单列系统和双列系统的涵义各是什么？是如何形成的？

5.7 地带性区划单位的涵义及主要特征是什么，一般有哪些单位？

5.8 非地带性区划单位的产生原因及主要特征是什么？

5.9 什么是景观？景观对于自然区划研究最重要的特征是什么？其统一性包括哪些方面的内容？

5.10 两种基本地域分异因素对山地分异的影响是什么？

第6章　土地类型学

1977年，英国地理学家Cardenal(卡德诺)在《自然地理学》一书中，把自然地理尺度(scale in physical geography)研究分为3种：全球尺度(global scale)，区域尺度(regional scale)和地方尺度(local scale)。1978年，苏联Сочава在《地理系统学说导论》中把地理系统的研究分为3个等级：行星级序、区域级序和局地级序。Сочава认为，局地级序的研究属于局地地理学的任务，把局地地理系统的最大单位看做是区域地理系统的最小单位。从全球尺度到区域尺度、地方尺度的研究，是综合自然地理学逐步深化的结果。土地类型学就属于自然地理学中地方尺度或局地级序的研究。

从古至今，尽管人们对"土地"(land)一词的理解存在某些差别，但对其给予综合认识却是主要趋势。20世纪40年代以后，在科学综合思潮的影响下，逐渐形成了一门涉及多种学科的综合性科学——土地科学(Land Science)，主要研究土地的自然特征、土地生产潜力、土地利用现状、土地规划和土地管理等方面的内容。土地类型学是土地科学的一个重要分支学科，侧重研究自然综合体的形成、特点、分异、功能、结构和演替，具体来说就是根据其特征进行分类研究并进行可利用性的评价分等。土地类型学更进一步说是自然区划的一项必要的补充，通过划分土地类型并进行自下而上的逐级合并，可与自上而下逐级划分的自然区划相结合，使人们更深刻地认识地域分异、组合规律和区域自然地理特征，同时深化自然地理学的研究。

从地理学的角度来说，土地类型学是综合自然地理学的重要部分，由于它具有较大的理论和实践意义，因此也成为自然地理学直接解决生产问题的有力工具之一。如农林牧业布局、城市建设、工矿、交通、日常活动都必须因地制宜地利用土地，即根据不同的土地性质对土地作出不同的利用。土地类型研究正好解决了这一要求，也因此成为国土整治、区域规划、土地利用规划和管理的重要基础工作。

本章将讨论土地的概念、土地分级、土地分类和土地分等等内容。

6.1　土地的现代概念

土地的概念根源于劳动者对地理环境的综合认识。

人类开拓地理环境必然接触一些具体的地段，在这些地段上，自然特征在很小范围内即可发生变化，在较大范围内更是千差万别。在这些地段上人们从事农业活动或工程建设绝不仅是与某一自然要素打交道，而是与该地段自然环境的综合特征打交道。如，农业生产不能只根据土壤特点来安排作物的种植，还应考虑地貌部位及其所决定的水热条件、地下水深度、排水条件等因素对作物生长的影响，即必须考虑当地整体的自然特点。又如，人们在进行建设时，不是只注意地基的承载力，还要综合考虑小气候条件、现状地貌以及地貌过程等等。正是在实践中，人们逐渐认识到要搞好生产和建设不能只注意某一自然要素的特点，而应该考虑自然的综合情况，于是形成了对土地的综合认识。尽管这种认识最初是朴素的，却是现代土地科学概念的思想基础。

(一) 土地的概念、性质和功能

1. 土地的概念

作为科学的土地概念,迄今还没有一个严格的定义,但可以认为人们对其实质的认识已臻明确,试举几个代表性的论点:

澳大利亚联邦科学与工业研究组织的学者 Christian(克里斯钦)和 Stewart(斯图尔特)在《综合考察方法论》(1964)中指出:"土地是指地表及所有它对人类生存和成就有关的重要特征","必须考虑土地是地表的一个立体垂直剖面,从空中环境直到地下的地质层,并包括动植物群体及过去和现在与土地相联系的人类活动"。

1972 年,联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization,简称 FAO)在荷兰瓦格宁根召开的土地评价专家会议文件《土地与景观的概念及定义》中指出:"土地包括地球特定地域表面及其以上和以下的大气、土壤、基础地质、水文和植被,它还包含这一地域范围内过去和目前人类活动的种种结果,以及动物就它们对目前和未来人类利用土地所施加的重要影响"。1976 年,FAO 在发表的《土地评价纲要》(A Framework for Land Evaluation)中进一步指出:"土地是一个区域,其特点包括该区域垂直向上和向下的生物圈全部合理稳定的或可预测的周期性属性,包括大气、土壤和下伏地质、生物圈的属性,以及过去和现在的人类活动的结果"。

在中国,许多地理学家、农学家、土地学家都曾对土地下过定义。如赵松乔先生用函数形式表征出了土地的概念:

$$L = F(n, e, s, t)$$

式中,L 为土地,n 为自然因素,e 为经济因素,s 为制度因素,t 为时间因素。

吴次芳也有同样的观点,认为土地是自然因素、经济因素和制度因素综合作用下形成的,并在时间序列上动态变化的历史客体。

另外,有人认为,自然科学意义上的土地与经济科学意义上的土地概念是不同的。前者是自然物质,是由土壤、水文、砾石、岩石、矿藏等自然物质构成的自然综合体或自然历史综合体;后者是被当作生产资料和生活资料的经济资产,是由土地资源和土地资产所构成的自然经济综合体。相应地也就产生了土地的自然特征(数量的有限性、利用的持续性、多宜性等)和经济特征(经济供给的稀缺性、所有权和使用权的垄断性、使用价值的不可替代性等)。

综合各家的观点,土地概念可以表述为:土地是地表某一地段的自然综合体,是指上自大气对流层的下部,下至地壳一定深度的风化壳这一立体空间的,由地貌、土壤、岩石、水文、气候和植被等全部自然地理要素以及人类活动对它们作用的后果。

2. 土地的性质

土地是自然界的一种特殊客体,概括起来,具以下性质:

(1) 土地是自然综合体

土地的综合自然特征主要取决于各组成成分及其间相互作用的性质和特点。从农业生产角度而言,把土地看做综合体无疑是正确的。因为气候、土壤、岩石、植物、动物、水等自然要素均对农业生产施加一定的影响,但这些影响不是孤立的,而是彼此联系、相互制约的,换言之,农业生产并不仅仅受某一因素的影响,而取决于它们之间的相互联系和相互结合。工程建设也类似,不应该只考虑地基的承载力,还应考虑小气候条件、地貌部位、地貌过程以及地表和地下的水分状况。实际上,土地的综合概念正是在这类生产实践过程中逐步形成和发展起来的。

(2) 土地是陆地表面具有一定厚度和范围的地段

土地面积有大小之别,在空间分布上也有一定的地域组合关系。在陆地表面,每一块土地均占据着特定的三维空间,从垂直方向上说,土地正处于岩石圈、大气圈和生物圈相互接触的边界。大致始自土壤的母质层和植被的根系层,向上直到植被的冠层,这是各种自然过程(物理、化学和生物过程)以及人类活动与地理环境相互作用最活跃的场所。此外,由于受地球与太阳的位置、地球本身的运动、海陆分布等因素的影响,地球上土地的分布具有严格的区域性。

(3) 土地是一种历史自然体,具有发生与发展的过程

某一地段的土地特征只是反映了某一瞬间的特定状况。原因在于地表水热条件、地貌过程、土壤和动植物群体等都是随时间而变化的。同时,由于植物和微生物的生长、繁育和死亡,土壤的冻结与融化,河水的泛滥,土地的淹没和土壤水文状况,土壤营养元素的积聚与淋失无不带有季节变化的特点,结果导改土地的性质也呈季节性变化的特征。此外,土地的时间变化又是与空间位置紧密联系的,因为处于不同空间位置的土地其变化状况是不同的。

(4) 土地除具有自然属性之外,还具有经济利用价值

因为土地具有一定的生产能力,即可生产人类需要的植物产品和动物产品或供其他使用。土地的生产力可分为自然生产能力和劳动生产能力两种。前者是自然形成的;后者是人工施加影响形成的。因此,土地生产能力的高低取决于土地本身的性质和人类的技术水平及管理水平,后者主要表现在对土地限制性的克服、改造的能力及土地利用的集约程度,本质是如何有效地利用光、温条件,调节和控制水分与营养元素。

人类长期的生产活动给土地施加了深刻的影响,例如开荒造田、修筑梯田、排水、防洪、围海、围湖等,强烈地改变了土地的外部形态和自然性质。随着科技的日益发展,人类对土地的影响将愈益强烈。从这个意义上讲,土地是自然与人工综合作用的产物。

3. 土地的功能

土地之所以能够成为人类赖以生存的基础,成为人类不可缺少的资源,就在于它具有特殊的功能,表现在以下几个方面:

(1) 生产性功能

在不产生永久性破坏和退化的情况下,土地为植物和动物提供生存和生长的能力。耕地、林地、园地、草地、淡水养殖地及滩涂养殖都是人类利用和发挥土地生产性功能的结果。

(2) 承载性功能

在工业、建筑业、交通运输业中,土地被当作地基、场所、空间的操作基础发挥作用,这是土地承载性功能的表现。

(3) 提供原料的功能

在矿区、砖场、盐田,土地主要提供生产原料,作为原料地而发挥作用。因此,在矿产用地评价中,土地自身的岩石类型、矿物组成、品位高低、埋藏深度、储量大小等都是土地质量高低的评价指标。

(4) 观赏性功能

某些土地类型,如自然或人文景观、特殊地貌、地势险峻、水流异常、建筑景观等,是人们观赏、旅游、度假的好场所。旅游地的开辟和建设是人们利用土地观赏性功能的结果。

另外,土地还具有生态系统的一般功能(支撑、养育、净化功能)、储值功能等,此处不再详述。

(二) 土地与土壤、生态系统的区别

1. 土地与土壤的区别

土地与土壤是两个不同的概念。尽管早在19世纪初 Докучаев 就已指出土壤是自然界的一面镜子,但它仍不能与土地概念等同。因为从发生学观点看,气候、地貌、母质、生物等是土壤形成的因子,土壤只是反映了这些因素的综合作用,并且只是这些因素相互作用的特征产物。土地则是在一定地段内全部自然因素(包括土壤在内)作为它本身的组成部分,并通过这些成分的相互作用构成一个整体,从而具有综合自然特征。土壤是组成土地的一个重要成分。在地势平坦的耕地上,土壤在土地组成中具有极显著的作用,但在地貌复杂的山地、丘陵及草原、森林等非耕地情况下,地貌、岩性、植被等因素的作用以及人类对生产的影响都将超过土壤因素。对农业生产而言,土壤和土地都有肥力特征,但土壤肥力只涉及作物生长所需要的养分和水分,而土地肥力除包括土壤肥力外,还包括气候肥力——光、热、温、空气以及生物肥力等。

2. 土地与生态系统的区别

土地与生态系统的概念也完全不相同。生态系统是以生物群落为中心,以直接影响生物群落的各环境因素的整体作为生境,并不涉及环境的间接影响因素,如地貌部位、根系层下的岩性与潜水条件和间接的气候条件等(统称处境)。处境乃是决定生境特征分异的一个重要因素。生物群落、生境、处境三者相结合,构成比生态系统更高一级的系统——自然地理系统。土地是自然地理系统的低级单位,它在具体地段的表现可称为土地系统。

(三) 土地类型研究回顾

就世界范围而言,对土地类型的研究已有半个多世纪的历史,在理论和方法上已渐趋成熟,研究成果的应用也日趋广泛。土地类型的研究与土地利用现状研究、土地规划管理一起,已构成一门新兴的综合性学科——土地科学的主要内容。

1. 中国土地类型研究

中国对土地的研究有着悠久的历史。早在公元前5世纪的《禹贡》一书就将中国的领土划分为冀、兖、青、徐、扬、荆、豫、梁、雍等九州,并对各州的山川、湖泽、土壤和物产进行了描述。《周礼》已将全国土地划分为山林、川泽、丘陵、坟衍、原隰等5类。《管子・地员篇》则按地形将全国土地分成“渎田”、“丘陵”和“山地”三大类,然后再按土壤或地形分出25类,同时还依土地肥沃力及对农林业的适宜程度把土地分为上、中、下三等,这是世界上最早的土地分类和分等系统。这些都是人们在生产和生活中辨识出的不同的土地类型。人们在生产实践中对土地类型的命名,也是很恰当的,有的既简单又科学,如东北常用的坨子(沙丘带)、甸子(沙丘间沼泽化低地)和泡子(局部积水洼地),黄土高原习惯用的塬、梁、峁、川等都已被用为科学术语。

20世纪50年代以后,苏联地理学家 Исаченко 来中国讲授“景观学”,介绍了苏联景观学派有关土地类型调查与制图的理论和方法,开始了现代中国土地类型的研究工作。随后,中国的一些地理学者如杨纫章、林超、赵松乔、陈传康等分别在广东鼎湖山、北京山区、河西走廊、毛乌素沙区等地先后开展了土地类型调查和制图。尽管各地所使用术语最初颇不一致,如景观形态研究、地方型、土地类型等,但实质上都是从事土地的系统研究,以后逐渐统称为土地类型研究。

20世纪70年代末,由中国科学院地理研究所主持,在全国范围内开展了比例尺1∶100万土地类型制图工作,这标志着中国的土地类型研究已跨入了一个新的阶段。这套图件已出

版，同时结合图件的编制，还出版了总结经验的专著。与此同时，一些学者如林超、赵松乔、李孝芳和石玉林等将欧美和澳大利亚的土地评价理论和方法介绍了进来。此外，原中国科学院自然资源综合考察委员会主持编制的《中国 1∶100 万土地资源图》也是此阶段的主要研究成果。

20 世纪 80 年代中期以后，主要结合国土整治和区域治理对土地类型进行了研究。如配合黄土高原综合治理、"三北"防护林建设、南方山地资源综合开发及青藏高原综合考察等所开展的大、中比例尺的土地评价。此外，在全国农业区划委员会的领导下，由原中国科学院自然资源综合考察委员会主持开展了中国未来一些年份土地生产能力与人口承载量的预测研究。

2. 国外土地类型研究

从 20 世纪 30 年代起，国外一些地理学家就提出了有关土地类型的思想。苏联关于土地的研究最早是从景观学开始的。Seigfried Passarge 早在 1919 年就出版了《景观学》，认为地理学主要研究地表各区域地段的特征，甚至小地段的识别。但苏联关于土地的研究主要是以 Берг 的《景观学》为理论基础的。认为陆地表面可以区分出一些自然条件综合特征非常一致的地段，在这样的地段上采取相同的经济利用措施，其经济效益也应相同，因此在土地利用规划上应规定同样的利用方式，多数学者主张把这些地段研究称为小景观研究或景观形态学研究，相当于我们所说的土地类型学。1953 年，Ламонский(拉孟斯基)在林业经营及饲料用土调查中，应用了"土地生产类型学"及"土地类型学"(Land Type)等术语，他广泛应用了"土地生态学"一词来表示决定土地利用条件的自然因素的综合特征，分析地形、土壤肥力、侵蚀危险及对农业活动有意义的其他地理方面的指标。1978 年 Сочава 的《地理系统学说导论》的出版，对于揭示土地的结构和功能有着重要的意义。

欧美国家也有类似俄罗斯景观学的思想。美国学者 Veatch(威池)早在 20 世纪 30 年代初期就已开始从综合观点研究土地，在 1972 年及 1977 年的土地调查及土地规划工作中，都曾提出过土地类型的等级系统方案。

英国的土地类型研究也始于 20 世纪 30 年代。1931 年，Bourne(波纳)就提出以"立地"作为农业土地调查的单位，成为建立现代土地分级系统的先驱。此外，英国学者 Woold Ridge(伍德里治)和 Unstead(昂斯特德)等在 30 年代从地形学角度也划分了土地类型，并提出了土地分级的一些术语。1980 年，Mitchell(米切尔)对土地类型提出一个分为六级的系统，在其著作《土地评价》一书中，对土地的划分原理、方法及应用，进行了系统的论述。另外，英国海外发展部的土地资源开发中心在英联邦和其他一些国家开展了土地资源调查，1966 年以来发表了 35 卷《土地资源研究》报告。英国进行土地研究的另外一个机构是设于牛津的军事工程实验处，侧重研究现代战争中交通工具与土地的关系，后来也扩大到民用领域。

德国学者 Troll 在 1939 年发表《航空照片和生态的土地研究》，将生态学观点思想引入土地研究中，后来发展成为景观生态学，并在 1966 年出版了《景观生态学》一书。德国的景观生态学不仅在中欧得到发展，还影响到北美。

加拿大学者 Hills(希尔斯)于 20 世纪 40 年代末和 50 年代初用航片进行森林调查，把最小的分类单位称为森林立地，这是生物-气候-土壤相结合的一个综合体。1976 年加拿大成立了全国生态土地分类委员会，将土地调查称为生态土地调查，把土地分类称为生态土地分类，以强调生态系统的观点。

荷兰的国际航测与地学研究所非常重视土地类型在综合调查中的作用，将它作为综合调查中的重要方法。他们从土地类型进行土地分析(terrain analysis)，突出了地貌因素的作用。

目前，随着全球变化研究的深入，基于土地利用/覆被变化研究的几大国际组织和一些国家，都纷纷设立一系列的研究计划，如国际应用系统研究所(IIASA)于1995年启动了“欧洲和北亚土地利用/覆被变化模拟”的3年期项目，联合国环境署(UNEP)亚太地区环境评价计划于1994年启动了“土地覆被评价和模拟”(LCAM)项目，美国全球变化研究委员会开展北美洲土地覆被变化的研究，日本国立科学院全球环境研究中心提出了“为全球环境保护的土地利用研究”(LU/GEC)项目，中国科学院进行的“国家资源环境遥感宏观调查与动态监测”研究等，都是基于遥感影像资料开展不同区域的土地覆被的调查研究工作。

(四) 土地科学的研究内容

土地科学经历了一段漫长的过程，尤其是进入20世纪80年代以后，随着社会经济发展的客观需要和自然科学与社会科学不断交叉发展，才得到迅速发展，并逐步形成一个较完善的学科体系。

土地概念包含土地的自然特征和经济利用价值两个方面。因此，土地科学除了研究土地的自然特征外，还要分析和评价土地利用现状、土地生产潜力和合理利用改造等内容。土地利用涉及自然条件、社会经济条件以及生产技术等多方面因素。概括地说，土地科学是全面研究土地的自然特征、土地利用现状、土地评价原理和方法、土地规划和管理方法及措施的一门科学。

从土地科学的研究对象考察，现阶段土地科学的学科体系应由土地类型学、土地经济学(Land Economics)、地产经营学(Land Management)、土地制度学(Land Institutions)、土地法学(Land Law)、土地利用规划学(Land Use Planning)、地政管理学(Land Registry Administration)、土地工程学(Land Engineering)、土地资源学(Land Resources)、土地信息学(Land Information)等10个分支学科组成(图6.1)。

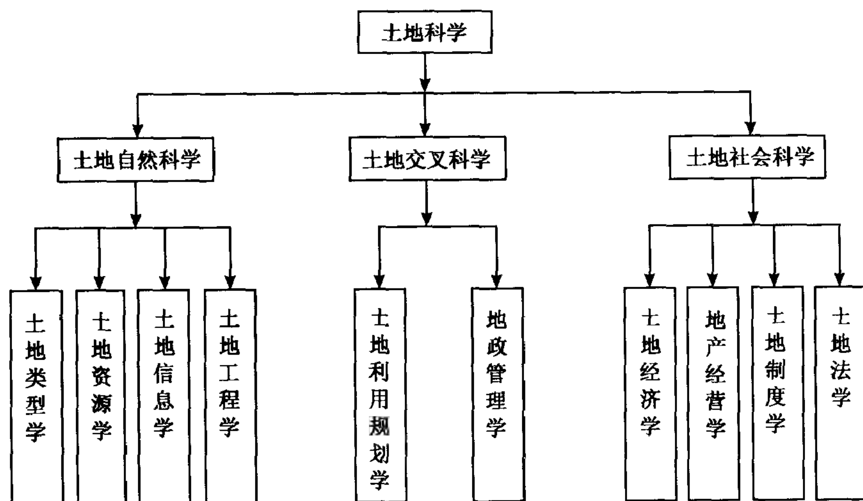


图6.1 土地科学学科体系框架

土地资源学是把土地作为一种自然资源，研究土地资源的特性、分类、调查、评价与利用的理论和方法；土地经济学主要研究土地利用中的生产力组织和土地所有、使用与管理中的生产关系及其调节，简言之是研究人与土地及土地利用中人与人的经济关系的学科；土地制度学研

究人类社会发展过程中的土地制度，包括土地所有制、土地使用制和国家土地管理制度；土地法学研究土地的立法原则、法律责任、法律程序以及土地产权界定、产权保护、产权限制和土地管理等各项法律；土地工程学研究土地开发、利用、保护、治理过程中各种工程的设计理论和施工技术；土地利用规划学研究土地资源在国民经济各部门之间优化配置的理论、方法和措施，以及编制土地利用总体规划的原则、方法、步骤，以实现用地结构和用地规模合理化，用地空间布局科学化；地政管理学研究运用自然规律和经济规律以及管理科学原理，对土地利用和土地关系进行国家管理的理论与方法，以实现地籍、地权、地用、地价、地税等的科学行政管理；土地信息学主要是应用遥感、地理信息系统等技术，研究土地、土地利用、土地管理的信息和资料的储存、查询、检索、管理和分析的理论和方法技术；地产经营学主要研究地产投资、开发、出让、转让、出租、抵押等经济活动的理论和实践。

由于土地形成要素的性质及组分的形成不同，形成了一系列相互区别、各具特色的土地地段。按其相似性和差异性对自然界的土地地段进行分门别类，以便更好地认识和掌握土地的性质，这就是土地类型研究的基本内容。此外，土地类型研究还包括土地类型结构以及土地动态演替结构。

6.2 土地分级

土地类型是在土地分级的基础上，依据一定的原则和指标，将相同等级的土地单位按其相似性进行类群归并的产物。因此，讨论土地类型之前，须先讨论土地的单位划分。此外还要进行土地评价。也就是说，土地类型学包括了土地的分级、分类和分等三个内容。三个概念既有差别又有联系。土地分级（land scaling）是指土地地段的个体研究，即采用地域系统研究方法划分不同级别的具体土地地段，或逐级合并为更高一级的土地单位；土地分类（land classification）则是采用分类系统研究法对同一等级土地单位进行分类，得出级别高低不同的各种土地类型；土地分等（land evaluation）也是一种分类研究，但它是在土地分类的基础上，根据不同的生产服务目的，再进行质量评价分类。概言之，土地分级研究是基础，各级土地单位有不同的分类系统，而分类系统又是进行分等研究的基础。

（一）土地分级的概念

土地作为一个自然综合体，是自然地理系统的低级单位。陆地表面就是由不同等级的土地单位镶嵌组成的多级综合系统。要揭示这种多级镶嵌系统的内在规律，需要自下而上，即从低级土地单位至高级土地单位逐级研究其特点和组合关系，土地分级的概念由此而来。

土地分级的理论基础是地域分异规律，尤其是地方尺度和局地尺度的地域分异规律。它们主要由地势、地貌差异引起，所以地貌成为土地分级的主导标志。在遥感影像图上，大比例尺地图里所表现出的图形特征在小比例尺地图里表现为结构，在更小比例尺地图上则只表现为灰阶，这个规律为土地分级提供了可靠的依据和方便的手段。

陆地表面可区分出许多在自然特征上相对一致的土地地段，在其范围内进行某种土地利用，效果大致是相同的。例如，陕北黄土高原地区的黄土墚地，其顶部（墚盖地）坡度一般$<5°$，土壤为绵土，侵蚀方式为面蚀和溅蚀，在利用上也比较一致，主要是种植杂粮。因此一块具体的墚盖地可被视为一块基本的土地地段。墚盖地之下为缓坡墚地，坡度一般为$5\sim10°$，土壤

虽也为绵土，但侵蚀方式以细沟侵蚀和浅沟侵蚀为主，在这种土地地段上虽仍可种植杂粮，但产量不如墚盖地，在有条件的地方应考虑退耕种植林草。缓坡地之下为陡坡墚地，坡度一般在25°以上，土壤仍为绵土，但侵蚀方式明显加重，以切沟侵蚀和重力侵蚀为主，这种土地地段已不适农业耕作，如已开垦必须考虑退耕。

墚盖地、缓坡墚地和陡坡墚地不仅在空间分布上紧密相连，而且其间具有物质和能量上的联系，在生产布局和利用上也必须将它们作为一个整体考虑。因此，一块具体的墚盖地、缓坡墚地和陡坡墚地可组合为一个较大的土地单位——黄土墚地。由此可见，陆地表面的这类具体的不同土地地段之间具有一定的地域联系，因此可将它们组合成为仍具有一定综合自然特点、内部结构稍复杂的较大土地地段。类似地，还可将这些较大的土地地段组合成范围更大、内部更复杂的土地地段。总之，土地分级的任务，就在于对土地组成要素综合分析的基础上，自下而上合并或自上而下划分出一些等级有高低、复杂程度有差异的土地单位，它们构成一个土地等级系统。

土地等级系统是一个多级序系统。在这个系统中，分级单位的等级愈多，彼此的相似性愈大，差异性愈小。当然，不同等级土地单位之间的这种相似性或差异性是相对而言的。

土地研究实质上就是小区域的景观制图研究。土地单位既然属于等级较低的单位，就要求自下而上进行详细的调查研究和制图，以揭示其地域组合规律。调查地区的范围大小不同和研究任务所要求的精度有别，制图比例尺也不一样。在某一种比例尺的土地类型图上，不可能把所有的土地等级单位同时表示出来，也就是说由于受土地类型图的比例尺和负荷量的限制，只能表示出某一等级的土地单位，将其作为土地类型图的基础制图单位。因此，土地分级不仅是土地分类的前提，也是土地类型制图的基础。北京大学和中山大学地理系为不同比例尺地图规定了一定的制图单位，如规定：相的制图比例尺为＞1：1万，限区在1：1万～1：20万之间，地方在1：20万～1：100万之间。

由此看来，土地分级研究实际上是一种小区域内的地域划分，故有人称之为“小区划”或“景观内区划”，我们认为还是称“土地分级”为宜，所划分的单位称之为“土地单位”，以便与“自然区划单位”相区别。

（二）土地分级系统

20世纪40年代以来，不少地理学家对土地分级作过研究，他们根据研究区域的情况，曾划分出一些复杂程度不同的土地地段，给予不同的名称，并按地域系统研究法进行科学加工，提出了各种分级系统。目前，学术界公认的是三级系统。

1. 苏联景观学派的土地分级系统

德国是景观学的故乡，这里所指的苏联景观学派不仅包括苏联，也包括德国在内。景观可看做在地带性和非地带性因素共同作用下形成的具有最大一致性的自然区划单位。景观内部在形态结构上有明显的差异。因此，按地方性分异规律（系列性、微域性、坡向性）对景观内部的综合自然特征的相似性和差异性进行分析、比较，对形态单位做出划分，并研究不同形态单位的特点及彼此之间的关系。苏联所划分的景观形态单位有地方（местность）、限区（урочище）和相（фация）三级，相是最低级的土地单位。

2. 英、澳学派的土地分级系统

英美国家及澳大利亚的土地分级系统分为立地（site）、土地单位（land unit）、土地系统

(land system)。根据其定义作对比,"立地"相当于苏联的"相","土地单位"相当于"限区","土地系统"相当于"地方",但这仅仅是粗略的对比。由于不同作者对这些概念的理解不同,所以不可能完全一致。例如,英美有些学者只分两段:土地单位和土地系统,前者相当于苏联的相和限区,后者则相当于狭义景观。还有如英国牛津军事工程实验处在 1966 年提出了一个比较复杂的土地分级系统,共有七级:前四级(土地带、土地大区、土地省、土地区域)实际上是自然区划单位,后三级是指土地素(land element)、土地片(面)(land facet)和土地系统才是土地分段单位,与立地-土地单位-土地系统以及苏联的相-限区-地方三级系统一致。

3. 中国的土地分级系统

20 世纪 50～60 年代,中国基本采用苏联景观学派的作法,以相、限区、地方为基本分级单位。70 年代后期,中国大、中比例尺土地类型制图中的土地分级遂趋向于采用苏联景观学派和英、澳学派相结合的三级分级系统——土地系统、土地单位和土地立地,不仅在名称上与英、澳学派类同,而且涵义也基本一致。不论是苏联还是英、澳等级系统,由于其名称不易推广采用,陈传康、伍光和、蔡运龙等提出了一套汉语涵义较切合定义的名称——地块、地段、地方三级系统。

由此看来,土地分级的三级已得到了学术界的公认。土地分级实际上是一种小区域内的地域个体单位划分。由于地表自然界是一个复杂的多级镶嵌体系,而且存在区域差异性,因此,不能说三级系统已全面反映了客观自然界中土地分级的情况。自然界中实际存在的土地分级情况比三级单位更多,表现也更为复杂多样,目前的迫切任务是把研究重点放在适合所有区域的几个基本分级单位的研究上。只有先把这些基本单位搞清楚,逐渐使其定义严格化和野外识别方法规范化,才能避免土地分级研究中的任意性,进而对各地的分级单位进行对比。

(三) 土地分级的基本单位

从国内、外土地分级研究现状来看,三级系统相(立地)、限区(土地单元)、地方(土地系统)基本已被公认,这 3 个分级单位可视为基本单位,下面分别介绍这三级基本单位。

1. 相——立地

多数地理学家都认为自然地理单位的划分是有界限的,而自然地理综合体的最小单位就是相(最小单位的划分基础应是各自然地理要素的同一性),相是自然界最简单的不可再分的自然地理综合体。世界上的事物都是无限可分的,但不同层次的划分反映不同的组织水平,不同的水平各有不同的质的规定性。如一个相可以再划分为小草丘、蚂蚁穴,一直细分到细砂粒、分子、原子 ……,但这些就不再是自然地理单位,不是群体水平,不是地域水平了。因此,对"相"这样最小单元的任何划分都会脱离自然地理这个地域水平。

在野外考察中会发现有一些土地地段,不仅综合自然特性非常一致,而且各自然地理成分的特征也一致。这样的土地地段若采取相同的经济利用措施,其经济效益也相同,若用作耕地便可获得相同的产量。这样的土地地段是最简单的自然地域综合体,尽管有不同的名称,如单元景观(Полынов)、生物地理群落 Сукачев(苏卡乔夫)、表成相(Ламонский)、小景观(Лалин,拉林)、地段、地理群落等,但实际上都是指最简单的自然地域单位或最低土地分级单位。1945 年,Берг 建议称其为"相",现在不仅基本被苏联学者所公认,在世界上也有一定影响。在英澳学者中也各自有自己的一些名称,如"立地"、"土地素"。我们一般称之为"相"或"立地"。

Солнцев 认为:"相是具有一致自然地理条件的地段,在其内部,应当具有相同的岩性、一

致的地形、并获得数量相同的热量和水分，在此条件下，其内部必然会以同一种小气候占优势，形成一个土种，分布一个生物群属”。

Исаченко认为，“相是相当于各组成成分地域划分的最小分类单位，气候方面表征小气候，生物方面表征个别的植物群落，位于一个地形单元内，表征一致的处境条件（地形剖面位置、相对高度、坡向和坡度）、一致的基岩、一致的小气候和水文状况、由一种生物群落占据、内部形成一种土壤”。这个表述尽管比较繁琐，但对相的性质的认识是深刻的。

英、澳学者指出，立地内的地貌、土壤、植被具有同一性质，它为人类和生物提供了一个一致的环境，在土地利用上具有相似的利用可能性并存在相似的问题，其涵义与相基本一致。

从上可以看出，相（立地）的基本性质和特征可归纳为4点：

- 相是最低级的、最简单的地域个体单位，是综合自然地理学地域划分的下限；
- 相内各自然地理成分具有最一致的性质，即相当于各成分的最小基本单位；
- 相是综合自然特征最一致的土地地段，在其内土地利用的适宜性和限制性亦相同；
- 与其他土地分级单位相比，相存在的历史最短，抵御外部影响特别是人类活动的影响能力小，维持稳定性的能力最小。

根据相的实质，我们可以给出较为明确的定义：相是最低级的土地单位，是在同一地貌面上，具有相同的岩性、土质、地下水和排水条件，并具有一种小气候、一个土壤变种、一个植被群从的自然特征最一致的土地地段。

例如，一条干沟的横剖面可分为沟底相和沟坡相；一个小丘的剖面可分出丘顶相、丘坡相和丘麓相。实际上，相的组成比较复杂，但都可先划出地貌面，然后考虑同一地貌面的其他成分的一致性，如果其他成分发生分异，而形成不同的自然综合体，就应在同一地貌面上划出不同的相。

在实际工作中具体划分相并进行制图远不是一件简单的事。在野外如何识别相是许多学者关注的重要问题。根据前人经验，寻找简单和可靠的划分标志是野外划分相的关键。为此，必须解决3个问题：野外确定各组成成分的最小基本单位及识别标准；各成分最小基本单位的分布区界线；各成分最小基本单位内差异可否作为划分相的一种标志。

（1）各组成成分的最小基本单位

- 地貌的最小基本单位

Полынов根据地貌和化学元素迁移的关系，从景观地球化学角度把处境分为3个单元景观——残积处境、水上处境、水下处境。地貌部位的划分，在一定程度上有助于认识地貌、土壤、植被等的关系，但所划分的单位很难被视为地貌的最小单位。我们认为陆地表面是由一系列形状、大小、坡度和坡向不同的地貌面所组成的。地貌的最小单位是地貌面，它至少有坡度和坡向两个条件相同。从河谷到分水岭可以分为河床面、河漫滩面、阶坡面、阶地面、山麓面、谷坡面、山坡面、山脊面等一系列地貌面。

相既然是一致的地段，因此只能位于一个地貌面中。换言之，如果其他条件相同，每一个地貌面便相当于一个相；若其他条件不同，就应为几个相。由此可见，划分地貌面是划分相的前提。

- 岩性、土质、土壤、植被的最小单位

在一个地貌面内，岩性和土质的差异是相分界的重要因素和确定界线的重要标志。因为地貌部位、岩性土质、潜水条件和间接气候条件等所决定的处境不同，将形成不同的“生境”。

在这样的条件下，一个处境范围内，只发育一个土壤变种，定居一个植物群丛。因此，岩性土质的异同是划分相的地表根据。

土壤和植被的最小单位对划分相有重要的指示意义。从理论上讲土壤是自然界的“镜子”，对自然条件的变化具有灵敏的反应，以之作为划分相的标志是可靠的，但目前还没有完善的方法足以保证在野外准确地区分两个土壤变种并划分其界线，因此以它为标志来确定相的界线是困难的。至于植物群丛，其外貌和界线比较清楚，但由于种种原因，特别是人类的樵采、放牧、开垦等，并非经常都与所处的自然条件相符合，用它来确定相的界线也非易事。因此，根据地貌面和岩性土质等所构成的多种处境划分相仍属最可靠和最简单的办法。

● 水文和气候的最小单位

水文，主要根据排水条件的差异来区分其最小单位。排水条件包括潜水深度和流动性，对土壤水分状况有较大的影响。因此，土壤水分一致的地段，排水条件应相同。这一点可作为划分相的参考标志。

通常认为气候的最小单位是小气候，但小气候既可理解为一定范围内近地面层的气候，也可理解为包括乔木层小气候、树穴小气候、室内小气候、小草丘小气候等等，概念并不严格。我们认为小气候是由下垫面性质的差别而引起的、具有相同表现的、一定范围内的近地面层气候，范围可与地貌面一致，也可不一致。但因目前绝大部分地区缺乏小气候资料，因此根据小气候划分相也是困难的。

(2) 各成分分布区大小与相的关系

“相”相当于各自然地理组成成分的最小基本单位，用它们作为确定相的依据或标志是无可非议的，但由于各成分除具有相互影响、相互制约的特征外，还具有相对的独立性，就使某些成分的最小单位远非经常与其他成分的最小单位在分布上完全符合。此外，某一成分的分布区内自然特征是一致，但另一成分发生分异可导致其他成分随之变化，造成其他成分分布区不一致。在此情况下虽可采用各组成成分作为划分相的标志，但应分析各组成成分在相的分异中的作用，以保证所采用的标志的可靠性。

在具体划分“相”及处理各组成成分的分布区一致与否的问题时，应注意以下几点：

● 各自然地理成分最小基本单位的分布区大小一致，应该划分为一个相，不一致则可能要划分为几个相。

● 在不一致情况下划分相，不能简单采用各成分最小单位的分布区叠置的方法，而应从分异因素入手进行相关分析，按一定步骤来划分。

● 步骤一般是首先划分地貌面。在一个地貌面内，若其他条件相同即可视为一个相，若不相同则首先考虑岩性土质的差异划分为几个相。因为地貌面及岩性土质是形成一定处境的主要因素，处境相同形成相同的生境，并制约土壤和生物的分布，最终形成具有最一致的综合自然特征的土地单位“相”。

● 划分“相”可靠而又简单的标志，通常是界线较明显和稳定的组成成分——地貌面和岩性土质以及对自然条件反映较全面和较灵敏的土壤和植被，水文和小气候一般只作为划界的辅助指标。

(3) 相的内部结构和界线性质

“相”是自然地理条件最一致的土地地段。但严格讲，其内部仍有差异，尽管这种差异不再是地域单位的分异，而只是某个组成成分的差异，但它们的特征对“相”的界线确定仍有较大意

义。相内部明显独立的部分称为形态要素，按其形态差别可分为三类：点要素（植株、草墩、兽穴、巨砾等），线要素（侵蚀纹沟、细沟、裂缝、灌渠、田埂等），面要素（如小群丛、大片基岩、田块等）。这些形态要素组成相的形态结构，主要有三种：均匀分布（各种相的形态要素均匀分布）、镶嵌分布（两种或两种以上的形态要素镶嵌分布）、斑点状分布（一种形态要素呈斑点状分布于相内）。形态要素的确定有助于弄清它与“相”本质的差别。形态结构有时可作为划分相的主要依据。如黄土崖边缘部位，地貌面和土质等条件都一致，但这里常出现陷穴这一形态要素，若陷穴呈斑点状分布，可把有陷穴和没有陷穴分布的范围分别划为两个相。

相的界线主要有下列几种：

- 明显边界：地貌面的交界线，如坡折线、坡麓线与坡缘线。
- 锯齿状边界：相对明显，但呈锯齿状过渡，如被悬沟切割的阶坡相和阶面相之间的界线。
- 镶嵌边界：彼此镶嵌过渡，如两个群丛要素在边界呈镶嵌边渡，或两种沉积物也可形成。
- 断片边界：因崩塌或陷穴等使某一相的断片分布到另一个相内。
- 补缀边界：两个相之间的过渡带，因具有一种特殊性而出现两个相都没有的植物种类，但又未形成相对独立的相，便形成这种边界，如小水体边缘的狭窄条带。

研究相的界线性质有助于在野外确定相，可根据界线种类，分析什么要素的分异制约着相的分异。

(4) 相的分布范围

每个相都有一定的水平分布范围，但由于不同区域自然地理条件的差异，相的大小可有较大差别。如平原的相通常面积较大，而山区则较小。面积通常为数百平方米至数千平方米。除水平分布范围外，相还具有一定的垂直厚度，但通常也不大（图6.2），一般在40～100 m之间。相的制图一般需用大于1∶1万的特大比例尺，而且只在小范围内进行。

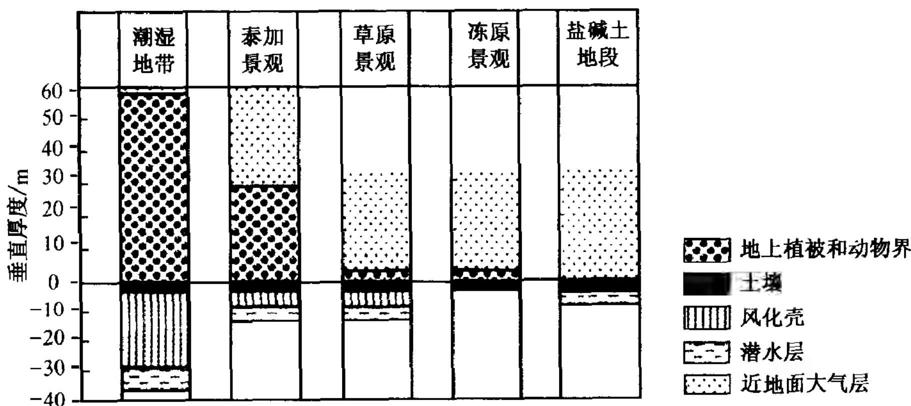


图6.2 相的垂直构造分层示意图

2. 限区——土地单元

限区（урочище）是中级土地分级单位，也比较简单，是由一些相有规律组合形成的。урочище的原意是指范围不大，具有明显天然界限和特征的自然地段，land unit 也有类似的涵义。

例如，一个冲沟至少包含两个沟坡相和一个沟底相，这三个相之间也有密切关系。人们常在沟底筑坝造田，以合理利用沟谷，扩大耕地。但只考虑治沟而不注意治坡，治沟成果就未必有保障。这说明冲沟在土地利用方面构成了一个具有一定特征的单元。也就是冲沟中的沟底

相与沟坡相之间总是有着较明显的联系，我们把这种内部联系较明显，又相对独立的土地地段，就称为限区，可见，限区是由相有规律组合形成的。

Исаченко 认为，“限区主要由单个凸状或凹状中地形形态或同基质一致的平坦河间地段相联系的，并且由水的运动、固体物质的搬运和化学元素的迁移等过程的共同方向连接起来的各相的综合体。”

澳大利亚学者 Christian 认为，“土地单元是相联系的立地，它们在土地系统内与某一特定的地形有关，在该土地单元出现的地方总是有相同的立地的组合，其简单和复杂一部分决定于作为被研究单元的地形的复杂性，另一部分则决定于反映在土壤或植被变化上的发生因素，但不是地形本身的变化。”

可以举出限区的几个典型例子。比如一条冲沟，若忽视其内部的土种、植被群丛、人类活动等的差别，则它就是至少由两个沟坡相和一个沟底相所组成的冲沟限区；一座小丘至少由一个丘顶相和分别两个丘坡相、丘麓相所组成的小丘限区；一个阶地至少由一个阶面相和一个阶坡相所组成的阶地限区等等。这些冲沟、小丘和阶地都相当于初级地貌形态，这些初级地貌可以是凹型(冲沟)、凸型(小丘)或过渡型(阶地)，通常它们都有比较清楚的界限。由于一个限区具有相同的地貌基础，所以构成限区的各个“相”的联系比较密切，这种联系尤其表现在同一限区内物质迁移特点的一致性方面，这就是为什么限区成为一个独立的土地单位的重要原因。

根据以上定义及案例，限区具有以下几个基本特征：

(1) 限区是某些相按地域组合规律组合成的自然地理综合体，级别比相高，也比相更为复杂；

(2) 尽管其内部各相间存在一些差异，但由于各相之间保持着密切的联系，因此整体综合自然特征仍相对一致，是具有一定特征的自然地段；

(3) 内部自然特征的一致性还表现在具有一个初级地貌形态、一个小气候组合、一个相同的潜水条件、一个土壤变种组合、一个植被群从组合等；

(4) 其组成成分中，初级地貌形态(由地貌面组成的、具有一定形成原因的最简单地貌形态，即为初级地貌形态)是分异的主导因素；

(5) 界限明显，并有简单和复杂之分，主要取决于初级地貌形态的特性及其复杂性；

(6) 在其内部水的运动、固体物质的搬运和化学元素的迁移等具有共同的方向，即自上而下，或水平移动等共同性。

由于“限区”的上述特点，在进行具体划分时，必须先研究初级地貌形态、地表组成物质、地下水、土壤以及植被之间的关系。另外，由于限区是“相”的结合体，划分“限区”时，还要考虑各“相”的相互关系及具组合规律，考虑各“相”的地球化学联系。

在此需要强调一点，划分限区时，除了以初级地貌形态作根据以外，还应考虑基质及其差异所导致的排水条件、湿润状况、土壤和植被等变化。一般来说，初级地貌形态通常在地表切割显著的情况下对限区形成的作用最为显著，如中国黄土高原的丘陵沟壑区。而在切割微弱的平坦分水岭、广阔的平原地面或地表形态单一的河间地段，地貌形态基本一致，实际却可划分出几个不同的限区。显然，其他因素影响着限区的分异，如土质的水物理性质和营养特征的变化、松散的沉积物下伏基岩深度和性质、潜水埋深和天然排水条件等。

限区有简单限区和复杂限区之分。例如一个阶地为一简单限区，但如其上发育了冲沟，即称为复杂限区，因为一个限区(阶地)上又叠加了另一个限区(冲沟)。

另外，如果某些相在进一步发展中形成了一些内部分化不明显的限区，则称之为“环节”，它属于相与限区之间的过渡形式，意思就是从相到限区的过渡环节。例如一条刚刚形成的冲沟，两坡情况基本相同，沟底也窄，再如形成不久的草原碟形地，黄土碟形地。

总之，限区相当于一个初级地貌形态单元，它可以是雏形的、典型的或复杂的。根据上述不同的发展阶段，便可把限区分出三个不同的级别：环节、简单限区和复杂限区。

在对限区进行制图时，比例尺一般选择1：1万～1：20万比较合适。

3. 地方——土地系统

地方(местность)是限区有规律地组合成的高级土地单位。每一个“地方”都有自己的一套限区，因此其内部结构复杂，具有复区的特点，相当于特别复杂的初级地貌形态单位组合，在其范围内无统一的物质迁移方向。

地方通常表现为几种初级地貌形态单元在其范围内典型地重复出现或彼此叠置分布。例如，一个沙丘带具有沙丘(坨子)和沙丘间凹地(甸子)两种限区的重复分布，便可划分为地方。一个遭受多级切割的阶地或黄土墚地，也可视为一个地方。

Исаченко认为，“地方是在地貌剖面上具有明显独特性的、彼此共轭的限区综合体”。

Солнцев认为，“地方是一定限区型有规律的结合，其成因在于一个景观范围内地质地貌基础发生了某些变化，因而在每一个这种地质地貌基础变型上的全部限区都获得了自己的特征。”

林超认为，“地方是一定限区的有规律的结合，是各个限区有规律地彼此交替重复出现或复域分布的地域，或者是面积较大的限区因遭受切割而复杂化的地域。”

澳大利亚学者Christian和Stewart认为，“土地系统是一个地段或几个地段的组合，其地形、植被、土壤出现重复的组合型”，其大小不一，大的可达几千km^2，小的只有几十km^2。英、澳学者认为土地系统可区分为三种：简单土地系统、复杂土地系统和复合土地系统，这与切割程度差异有关。

苏联学者根据地方复杂程度不同，把简单的叫“亚地方”，复杂的叫“地方”。地方的复杂程度往往与组成它的限区本身的复杂程度有关。

综上所述，地方的特征可以概括为：

(1) 地方是由保持一定地域联系的各限区所构成的具有明显独特性的自然地域综合体，在土地分级中是级别最高、复杂程度最大的基本土地单位；

(2) 其内部具有复区特点，这是与前两个单位的重要差别；

(3) 其内水的运动、固体物质搬运和化学元素迁移等不具共同的方向，是与限区的重要差别；

(4) 相当于一个中等地貌形态综合体，并与一个地方气候、水文复区、土壤复区、植被复区相联系。

地方的空间划分，起主导作用的是地貌形态和新构造运动，它们决定着限区组合的特点，使每一个地方都具有自己独特的结构格局。

在对地方进行制图时，制图比例尺一般选择1：20万～1：100万为宜。

(四) 其他土地分级单位

相、限区、地方是三个基本分级单位，但土地单位作为自然地域综合体和自然历史发展的

产物，是不断发展变化的。由于自然界各自然地理成分以及由之组成的土地单位，总是由简单向复杂逐渐发展，因此土地分级具有连续性。随着土地分级研究的深入，许多研究都陆续发现三级基本单位之间，存在一些过渡单位。根据苏联学者的意见，在相和限区之间有两种过渡单位——环节(звено)和相组(группафаций)。除此之外，还有相系列(рядфаций)等。

(1) 环节

某些相在进一步发展中，其内部出现一些不明显的分异，这些分异尚未形成单独的相，组合又够不上一个限区，因此它仅仅是由相发展为限区过程中的一种过渡单位，犹如2个单位之间的过渡环节，刚形成的冲沟、黄土碟和喀斯特漏斗等就是这种环节。

(2) 相组

相组是指同一地貌面中各个相的组合，Исаченко称之为“相组”，Цеселчёк(采谢尔丘克)叫“群系”，Солнцев称“亚限区”，如一个冲沟的沟坡、坡麓、沟底等地貌面，分别被2个或2个以上的相占据，每一个地貌面各个相的组合，均构成一个亚限区。

(3) 相系列

相系列是指各种相沿地貌剖面更替的现象，它是相的一种组合方式，即土地结构的一种型式，既非基本土地单位，也非过渡单位。

限区和地方之间也存在一些过渡单位。前面曾指出，限区有雏形限区、简单限区和复杂限区三级，雏形限区称为“环节”，复杂限区是限区与地方之间的过渡单位。至于地方与景观之间，有人主张以山地垂直带作为过渡单位，但这不一定正确。

总之，地表自然界中，除3个基本土地分级单位之外，还存在着一些过渡单位，这是土地分级连续性的必然结果。在土地制图工作中，我们无需过多地考虑过渡单位，而应该根据比例尺所限定的制图对象，把某些过渡单位提升或下降，作为基本单位，或用超比例尺符号单独表示。

(五) 土地分级单位间的相互关系

综上所述，我们把土地划分为相、限区和地方3个基本单位。显然，各级土地单位在综合自然特征一致性以及内部复杂程度等方面存在着差异。除了相这一级内部结构较为简单一致以外，随着级别提高土地单位内部复杂程度逐渐增加，差异也逐渐明显(表6.1)。

表6.1 土地分级单位自然要素比较

土地级	地 形	气 候	水 文	土 壤	植 被
相	地貌面	小气候	土壤水性质相同	变种	群丛
限区	初级地貌	小气候组合	排水、潜水条件相同	变种组合	群丛组合
地方	中级地貌	地方气候	小流域	复区	复区

另一方面，土地分级单位是土地组合的结果。这种由简单单位组合为较复杂单位，进而组合为更复杂单位的基本根据是土地单位之间密切的地域联系，各不同土地单位必须在地域上相互连接才能组合。相是最小的土地单位，通过相组合成限区，限区又组合为地方，地方是土地分级的最高单位。倘若把综合自然特征较为一致的土地地方作进一步组合，还可得出一个更为高级的个体单位——景观(图6.3)。

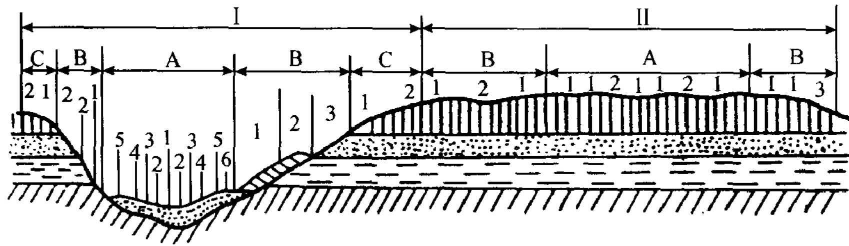


图 6.3　景观各形态部分的相互关系

（罗马数字表示复杂限区，英文字母表示亚限区，阿拉伯数字表示相）

从狭义上理解，景观区别于土地。后者可以看作为前者的组成要素，因此苏联一些学者把土地单位称之为“景观形态单位”。事实上，景观已超出土地分级的范畴，而属于区域分级（即自然区划）单位。我们把土地分级单位和自然区划单位合称为地域分级单位（regional hierarchy unit）或地域个体单位。土地分级单位之间及其与自然区划单位之间的关系如图 6.4 所示。

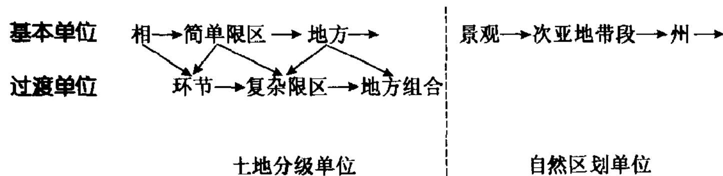


图 6.4　土地分级单位之间及其与自然区划单位之间的相互关系

6.3 土地分类

（一）土地分类的概念

土地分级单位，都是土地的个体单位。自然界的情况是十分复杂的，在一个区域范围内的土地个体单位数目是很多的，一般不可能对它们进行逐个研究。通常的做法是将个体土地单位按质的共同性或相似性作不同程度的抽象概括与归并，就可发现它们分居不同的土地分类单位。这些类型单位都是抽象的，级别越低，分类标志的共同性或相似性越多；分类级别越高，分类标志的共同性或相似性愈少。由于土地个体单位是多级的，而且土地分类又只能在同一级别的土地单位上进行，因此土地分类单位显然也具有多级序的特点。

中国劳动人民根据长期以来对土地综合认识，常在所居住的区域划分出一些自然特点相似的各种土地地段，形成了一些没有严格分类级别的土地类型概念。例如，河北省井陉盆地的居民把当地土地分为坪（黄土台地）、墚（长条状石质丘陵）、涧（黄土平底冲沟）、川（河谷阶地）；黄土高原的居民所划分的塬、墚、峁、川也是土地类型；东北地区的坨子、甸子、泡子同样是土地类型；珠江三角洲的居民把可以种水稻的耕地称为田，不种水稻的耕地称为地，山地和丘陵统称为山或半山，实质上都是土地类型。

对土地进行分类研究是土地类型学的主要任务和重要研究课题。通过对土地类型的划分，不仅能正确认识土地现状，指出利用和改造的方向及途径，而且有助于扩大自然地理学的

研究领域,发展地理学的理论体系。

(二) 土地分类系统

对土地进行分类研究,将土地个体经过逐次概括和归纳,形成分类层次高低不同的土地分类单位系列,也就是建立了一定的土地分类系统。

对研究对象进行分类,是科学研究的一种常用方法。生物学对生物的个体进行种、属、科、纲的类型归并已为大家所熟知。自然区划单位的类型划分就采用了此法,土地个体单位的类型划分同样可借鉴这种方法。以相为例,可把性质相似的某些相归并为“相种”,把性质相似的相种再归并为“相属”,性质相近的相属又可归并为“相科”。同样,性质相近的限区和地方也可以分别构成自己的种、属、科系列,如图 6.5。

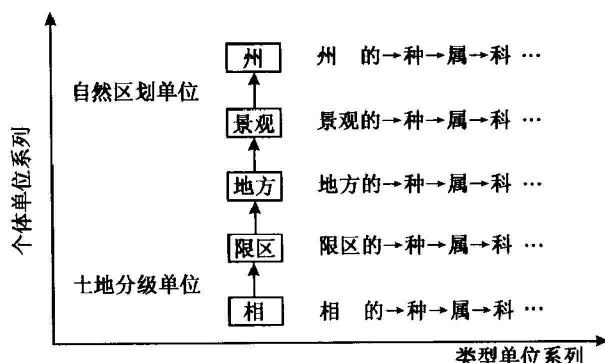


图 6.5 个体单位和类型单位的相互关系

应该指出,这里借用种、属、科的术语,仅仅是为了确保分类系统的统一和严密性,而在实际的土地分类系统表或土地类型图的图例中,“种”、“属”、“科”的名称一般都省略。

从图中可以看出,每一等级的个体单位都可以划分出相应等级的类型单位系列。但是,由于个体单位系列是个体单位的逐级合并,越是高级的单位其内部结构越复杂,相似性越少。因此,在实践中,只有等级较低的土地分级单位中进行分类研究,等级较高的区域分级单位一般不作类型的划分而进行区划研究。

(三) 基本分级单位的分类

1. 相的分类

相是地表自然界中自然特征最一致的地段,地貌面、岩性、土质、潜水条件、土壤变种、植被群丛都可作为相的分类标志。要作好相的分类必须以相的最稳定的和最普遍的标志——处境为依据。地貌面、岩性土质和潜水条件是构成处境的重要因素,其中以地貌面的作用最显著。因此,地貌面的某些数量指标,如高度、坡向、坡度等,岩性土质的机械组成、厚度、分层等特征,潜水埋深和排水条件等,就成为相分类的重要标志和指标。

相抵御外来干扰的能力小,因此相经常受到人类活动而引起变化,因此,多数学者认为相可分为三种类型:

- 原生相(original facies),指天然条件下形成的相。
- 衍生相(derived facies),指人类活动或灾害影响使原生相的某些成分发生变化,而主

导成分未发生变化，在外部影响停止后，又表现出力图恢复原生相的趋势。

● 人源相(human facies)，又称文化相，是指人类经济活动的影响使原生相的岩源基础发生改变，以致使综合自然特征与原生相差别悬殊。

相的各分类级别的划分标志如下：

● 相种：地貌面、岩性或土质、土壤变种、植被群丛等都相同的一些相。

● 相属：同一种地貌面上相种的合并。

● 相科：在地形剖面上有一定相互联系，特别是水文或外动力条件具有共同性的相属的合并。

(1) 编制、拟定分类系统，通常采用顺序法和两列指标网格法两种方法表示。

顺序法是按科、属、种的顺序直接列出各级分类单位。一般用拉丁数序(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)表示"科"，英文字母(a、b、c)表示"属"，阿拉伯数字(1、2、3)表示"种"，最后按科、属、种依次组合为I_{a1}、II_{a2}、III_{a3}……表示其分类系统。如广东鼎湖山沟床河床相的分类系统采用顺序法(表6.2)。I_{a1}、I_{a2}、I_{a3}、I_{a4}、I_{b1}、I_{b2}、I_{b3}，为其沟床河床相的分类系统。

表 6.2 广东鼎湖山沟床河床相的分类系统举例

相 科	相 属	相 种
标志：地形	标志：水文结构	标志：水文要素，地形要素
沟床河床Ⅰ	常流水沟床河床 a	缓流沟床河床 1
		急流沟床河床 2
		瀑布沟床河床 3
		水潭沟床河床 4
	暂时流水沟床河床 b	间歇缓流沟床河床 1
		间歇急流沟床河床 2
		跌水沟床河床 3

(2) 两列指标网格法是以纵列表示地貌形态，自上而下按低到高列出各种地貌面；横列表示土壤和植被类型，自左至右由湿润至干旱，由湿生到旱生。纵横两列交叉构成一个网格。理论上讲每一个格子就表示一种土地类型，但实际上土地类型只集中出现在AB连线两侧附近(图6.6)。因为一般情况下，图左下角、右上角及附近的地貌面不可能形成与其类型特征相矛盾的土壤和植被种类。例如在高的分水岭部位就很难形成过分湿润的土壤和湿生植被；在低凹地貌部位上也不应出现干旱土壤和旱生植被。

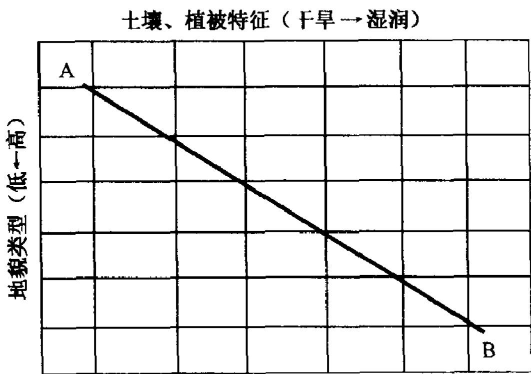


图 6.6 两列指标网格法示意图

表6.3同时用顺序法和两列指标网格法表示了广东高要鼎湖山相的类型系统。顺序法很清楚地表示各分类级别及各类型在分类上的从属关系，简单明了，便于阅读，但不利于了

表 6.3 广东高要鼎湖山相的类型系统

地形			水生植被	湿生植被	湿生、中生混交植被	中生植被 红壤季雨林 天然林	红壤季雨林 混交林	红壤季雨林 人工林	红壤季雨林 灌木草被	黄壤照叶林 天然林	黄壤照叶林 次生萌芽林	黄壤照叶林 混交林	黄壤照叶林 人工林	黄壤照叶林 灌木草被
Ⅰ	沟床河床	a. 常流水线	$Ⅰ_{a1\sim4}$ 缓流相,急流相,瀑布相,水潭相											
Ⅰ	沟床河床	b. 暂时流水线		$Ⅱ_{a1\sim5}$ 间歇缓流相,间歇急流相,跌水相										
Ⅱ		a. 河漫滩	$Ⅱ_{a1\sim2}$ 基岩相,砾石滩相	$Ⅱ_{a3\sim4}$ 湿性植被河漫滩相										
Ⅱ	低阶地	阶坡			$Ⅱ_{b1}$ 阶坡相									
Ⅱ	低阶地	阶面		$Ⅱ_{b3}$ 草甸沼泽相	$Ⅱ_{b2}$ 阶面相									
Ⅲ	沟坡谷城	a. 谷坡			$Ⅲ_{a3}$ 湿生中生混交植被坡相									
Ⅲ	沟坡谷城	b. 宽沟的						$Ⅲ_{b1}$ 红壤宽沟沟坡相						
Ⅲ	沟坡谷城 沟坡	宽楔沟的				$Ⅲ_{b2}$ 鱼尾葵林水化红壤沟坡相								
Ⅲ	沟坡谷城 沟坡	楔沟的				$Ⅲ_{b3}$ 季雨林红壤沟坡相		$Ⅲ_{b4}$ 红壤宽楔沟坡相,$Ⅲ_{b5}$ 照叶林黄壤楔沟沟坡相						
Ⅳ	山坡	山坡下部缓坡				$Ⅳ_{a1}$ 山坡下部坡积物缓坡相								
Ⅳ	山坡	山坡上部缓坡				$Ⅳ_{a2}$ 山坡上部急坡相								
Ⅳ	山坡	下部的								$Ⅳ_{a1}$ 山坡下部坡积物缓坡相				
Ⅳ	山坡	上部的								$Ⅳ_{a2}$ 照叶林黄壤山脊相		$Ⅳ_{b2}$ 上部小乔木林山坡相		
Ⅴ	分水地 山脊平台	a. 下部斜降山脊				$Ⅴ_{a1}$ 季雨林红壤山脊相				$Ⅴ_{a2}$ 照叶林黄壤山脊相				
Ⅴ	分水地 山脊平台	b. 上部斜隆山脊								$Ⅴ_{b1\sim2}$ 乔木林山脊相		$Ⅴ_{b1\sim2}$ 大、小乔木林照叶林黄壤相		
Ⅴ	分水地 山脊平台	c. 峰顶山脊								$Ⅴ_{c1}$ 小乔木林山脊相		$Ⅴ_{c1}$ 照叶林黄壤相		
Ⅴ	分水地 山脊平台	d. 古谷底				$Ⅴ_{a1}$ 季雨林红壤谷底相				$Ⅴ_{d2}$ 照叶林黄壤古谷底相				$Ⅴ_{d2}$ 照叶林黄壤谷底相
Ⅴ	分水地 山脊平台	e. 古剥蚀面										$Ⅴ_{e1}$ 稀疏松林灌木草被相		$Ⅴ_{e1}$ 灌木草被相
Ⅴ		陡崖				$Ⅴ_{1a1}$ 陡崖相								

解其主要划分标志和组成土地单位各成分的特征和相互关系。而两列指标网格法的优缺点与顺序法的优缺点正好相反。

2. 限区的分类

限区相当于初级地貌形态范围内相的组合,物质运动具有共同的方向。

首先,研究地表切割和起伏规律以及正负地形交替分布规律。例如,在侵蚀地形区要先研究冲沟切割程度及其分布规律,在喀斯特峰林分布区要研究峰林分布与河谷地形的关系,在沙丘分布区要研究沙丘和丘间地的分布规律,然后把各种正负地形加以区别,在此基础上再进行限区的分类。

其次,限区分类还要考虑地貌发展史。如黄土地貌限区的各种沟谷都可视为一个限区类型,但它们因处于不同发展阶段,其综合自然特征必然有明显差别,应以这种差异作为划分低级类型的依据。又如喀斯特地貌区的峰林可属于同一类限区,而低级类型则可根据峰林的不同发展阶段划分。

此外,限区分类还可根据其他标志和指标,如平原区先区分出河谷和河间地,进一步划分低级类型时,可首先考虑湿润状况、排水条件、水分来源和水的性质,然后再考虑沉积分相及其性质,并以土壤和植被标志作为补充。

限区的各分类级别的划分标志如下:

- "限区种",代表相同初级地貌形态中具有相同基质和植被的各限区个体的总和,代号用阿拉伯数字1、2、3等表示;
- "限区属",则以初级地貌形态的分类为依据,代表各限区种特征的概括,代号用大写英文字母A、B、C表示;
- "限区科",是各限区属的特征概括,代表各个相同水文条件的初级地貌形态类型的自然特征,代号用罗马数字Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ表示。

限区类型的表示方法也可用顺序法和两列指标网格法来表示。北京市门头沟区斋堂地区的限区分类系统同时采用了顺序法和两列指标网格法(表6.4)。

Ⅰ. 裸露或生长旱中生稀疏灌丛草被的干河床砾石滩

$Ⅰ_A$ 裸露或生长滩地植被的干河床砾石滩

$Ⅰ_{A1}$ 宽河床砾石滩　　$Ⅰ_{A2}$ 窄河床砾石滩

Ⅱ. 分布栽培作物和稀疏果木乔木的阶地

$Ⅱ_A$ 砾质黄土轻度熟化和局部中度熟化的滩田一级阶地

$Ⅱ_{A1}$ 面积大的大河滩田一级阶地　　$Ⅱ_{A2}$ 面积小的小河滩田一级阶地

$Ⅱ_B$ 中度熟化和局部轻度熟化的黄土二级阶地

$Ⅱ_{B1}$ 大河二级阶地　　$Ⅱ_{B2}$ 小河二级阶地

$Ⅱ_C$ 轻度熟化的黄土三级阶地

$Ⅱ_{C1}$ 大河三级阶地

Ⅲ. 生长旱中生灌丛草被或沟底梯田化的冲沟

$Ⅲ_A$ 大冲沟

$Ⅲ_{A1}$ 沟底梯田化的黄土质大冲沟　　$Ⅲ_{A2}$ 沟底梯田化的石渣质大冲沟

$Ⅲ_{A3}$ 未进行农业利用的砂负岩大冲沟

Ⅲ$_{B}$ 小冲沟

Ⅲ$_{B1}$沟底梯田化的黄土质小冲沟　　Ⅲ$_{B2}$砂页岩沟坡的黄土质小冲沟

Ⅲ$_{B3}$沟底梯田化的石渣质小冲沟　　Ⅲ$_{B4}$未进行农业利用的砂页岩小冲沟

Ⅳ. 分布旱中生灌丛草被和栽培作物,稀疏果木乔木的山脊

Ⅳ$_{A}$ 斜降山脊

Ⅳ$_{A1}$局部梯田化,顶部覆盖有黄土的斜降山脊

Ⅳ$_{A2}$重或中度鳞片状剥蚀的砂页岩斜降山脊

Ⅳ$_{A3}$轻度鳞片状剥蚀的火成岩斜降山脊

Ⅳ$_{B}$ 谷旁山脊

Ⅳ$_{B1}$梯田和畦田化的覆盖黄土砂页岩谷旁山脊

Ⅳ$_{B2}$下部具有局部黄土梯田的砂页岩谷旁山脊

Ⅳ$_{C}$ 平顶山脊

Ⅳ$_{C1}$覆盖有黄土的梯田化和畦田化的平顶山脊

Ⅳ$_{C2}$鳞片状剥蚀的砂页平顶山脊

Ⅴ.生长稀疏旱中生灌丛草被和栽培作物的剥蚀残丘

Ⅴ$_{A}$ 剥蚀残丘

Ⅴ$_{A1}$覆盖黄土的梯田和畦田化残丘　　Ⅴ$_{A2}$鳞片状剥蚀的砂页岩残丘

Ⅴ$_{A3}$鳞片状剥蚀的中性喷出岩残丘

这个地区的限区分类系统也可用两列指标网格法表示(表 6.4)。

表 6.4 北京市门头沟区斋堂地区的限区分类系统

植被 / 基质 / 地形及代号		裸露或滩地植被	栽培植物		旱中生灌丛草被
		砾石滩	黄 土	砂 页 岩	火 成 岩
Ⅰ	河床 A	ⅠA1, ⅠA2			
Ⅱ	一级阶地 A		ⅡA1, ⅡA2		
	二级阶地 B		ⅡB1, ⅡB2		
	三级阶地 C		ⅡC1, ⅡC2		
Ⅲ	大冲沟 A		ⅢA1	ⅢA2, ⅢA3	
	小冲沟 B		ⅢB1, ⅢB2	ⅢB3, ⅢB4	
Ⅳ	斜降山脊 A		ⅣA1	ⅣA2	ⅣA3
	谷旁山脊 B		ⅣB1	ⅣB2	
	平顶山脊 C		ⅣC1	ⅣC3	

3. 地方的分类

目前,国内外对地方的分类已有不少实例,但多数研究者只是从自己的研究区域情况出发拟定分类系统。因此,这里只能通过一些典型实例介绍地方分类中不同级别的标志等问题。

以延边自治州台地地方分类为例(表6.5)。

表6.5　延边自治州台地地方分类

<table>
<tr><th>地方科</th><th>地方属</th><th>地方种</th></tr>
<tr><td>标志：地形</td><td>标志：土类</td><td>标志：积温</td></tr>
<tr><td rowspan="5">台地Ⅰ</td><td rowspan="3">白浆土台地a</td><td>温和白浆土台地1</td></tr>
<tr><td>温凉白浆土台地2</td></tr>
<tr><td>温和白浆土玄武岩台地3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">暗棕壤台地b</td><td>温凉暗棕壤台地1</td></tr>
<tr><td>温冷暗棕壤台地2</td></tr>
</table>

从此地方分类系统中可以看出，温和白浆土台地、温凉白浆土台地等是该系统的初级分类单位，"温和"、"温凉"、"温冷"等术语代表着一定的积温条件，据此概括成"地方种"；由地方种概括为"地方属"时，其分类依据是土类的相似性；由地方属概括成"地方科"时，其分类依据是地形的相似性。

作出分类之后应进行编号，一般作法是"科"用罗马数字Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ表示，"属"用英文字母a、b、c表示，"种"用阿拉伯数字1、2、3表示。然后按科、属、种依次组合I_{a1}、II_{a2}、III_{a3}……表示出地方类型系统。

(四) 土地类型的命名

土地类型的划分还包含着类型的命名，恰当的土地类型名称，既要正确体现其科学涵义，又要便于应用，关于土地类型的命名方法大致有三种。

(1) 三名法(或两名法)

三名法是用植被、土壤、地貌来表示，两名法是用植被(或土壤)和地貌来表示。三名法如针叶林漂灰土山地，两名法如草灌丘坡地、黄红壤山坡地。这种命名方法在中国使用比较普遍。例如在陕北黄土高原地区，在自然植被保护较好的山区采用三名法，如黄绵土草灌峁地、灰褐色森林土针阔混交林低山地；而在黄土丘陵和河川，因人工植被的变化较大，故可采用土壤-地貌两名法，如淤土河谷阶地、褐土宽平墚地。这种命名方法比较直观，可直接反映土地的特征，缺点是名称冗长，不便于非专业人员应用。

(2) 采用当地习用名称

如北京山区的活山(水土流失严重的山地)，死山(基岩裸露的山地)、软山(覆盖有疏松堆积物山地)以及深山、浅山；珠江三角洲的沙田、垌田、塅田、坑田；黄土高原地区的川地、塬地、墚地、峁地、塌地；闽西北山区的溪边田、平洋田等。这类名称简练、形象、生动，便于群众使用。但这种命名方法也存在某些缺陷。例如，同样名称在不同地区可能指不同的土地类型，而同类土地在不同地区可能有不同的名称，因此，需进行挑选和加工。

(3) 用地名来命名土地类型

澳大利亚、英国在对土地系统进行命名时大多采用这种方法。例如澳大利亚康尼斯顿附近的"纳珀比土地系统"和"沃伯顿土地系统"，纳珀比和沃伯顿均是地名，由于这两种土地系统在这两个地点最为典型，故分别以这两个地名命名。这种方法命名的土地类型给人以区域性单位的感觉，但仍属于类型单位，因为它们在地域上是可以重复出现的。

(五) 问题讨论

从上述土地分类研究的内容来看，土地个体单位和类型单位有明显区别，而且由于土地个体单位是多级别的，故土地分类也是多系列的，即每一级的土地分级单位都具有一定的类型级别系统。这一思想发源于苏联的景观区域学派，北京大学陈传康教授尤其推崇。

中国另一部分学者受苏联景观类型学派的观点以及植被、土壤分类方法的影响，不赞成土地分级和分类的区别，采用单系列的分类系统。这一思想在以赵松乔为代表的中国科学院地理研究所主持制定的《中国 1∶100 万土地类型图分类系统》中得到了体现。

该系统把全国土地类型分为三个级别：土地纲、土地类、土地型。高级分类单位是水热类型(土地纲)，将全国分出 12 个高级类型，用大写英文字母 A、B、C 等表示；每一个土地纲划分出第一级土地类型(土地类)，在其英文字母右下角以阿拉伯数字表示；每一土地类之下划分第二级土地类型(土地型)，在英文字母右上角用阿拉伯数字表示，这是其基本单元，如 A_2^3。各级土地类型单位的划分标准是：

- 土地纲的划分指标是≥10 ℃积温、干燥度、无霜期及熟制(青藏高原和黄土高原主要根据地貌条件)。
- 土地类依据引起土地类型分异的大、中地貌类型划分(山区以垂直地带)。
- 土地型以引起次一级土地类型分异的植被亚型或群系组、土壤亚类划分。

这个分类系统在中国是一个创举，其中凝聚了国内许多地理学者的心血，作为中国土地分类研究的一次总结，基本上是成功的。然而，这个方案所体现的单系列分类思想却值得商榷。

(1) 理论上不严密

把个体与类型混同起来，因此，单列分类系统随着低级类型单位的逐级合并，高级类型单位的个体特征逐渐明显，最终与自然区划单位重合或与自然区划系列相平衡。况且该系统下半截是分类，上半截却是区划，实际是把两种不同质的事物混淆起来了。而多系列土地分类则不然，可以联成统一的地域个体单位系列；而在同一等级的个体单位中进行类型划分，从而使区域划分与类型划分明显地区别开来。

(2) 方法上有缺陷

当进行小比例尺土地制图时，单系列土地分类不可避免地要遇到类似于地植物学或土壤学中复区分类和复区制图的困难。而多系列的土地分类则不然。由于其根据不同的制图比例尺相应变换上图单元，即选择某一分级单位作为分类和制图对象，因此不存在复区问题。

6.4 土地类型调查与制图

土地类型研究实质上就是小区域的景观制图研究，土地单位既属于等级较低的单位，就要求自下而上进行详细的调查研究和制图，揭示其地域组合规律。

(一) 概述

土地类型调查与制图的基本任务，是在常规调查方法的基础上，结合遥感资料的解译，查明一个地区土地类型的分异规律，揭示土地类型的形成、特性、分布、结构和动态演替。

土地类型是由各级自然地理综合体彼此叠置、镶嵌组成的自然地理系统中的层次较低的

子系统，是该大系统的“细胞”。开展土地调查与制图，对组成土地的自然地理要素的特征及其相关关系的分析，不仅有利于阐明这些层次较低的系统的特点，而且有助于揭示这些低级系统如何逐步构成高一级系统，以及它们之间的关系，从而深化对地表自然地理分异规律的认识。

土地类型调查与制图通常也是土地评价的前提。因为无论是土地的潜力评价还是适宜性评价，均需在内部性质相对一致的土地地段上进行，即在一定的土地类型内进行。因此，在编绘《中国 1∶100 万土地资源图》之前，先编绘出“土地资源类型”图，然后以“土地资源类型”为基础进行土地质量评价。

土地类型调查与制图也是进行作物布局、宜林地选择和牧地规划等的一项基础工作。例如作物布局，无论是原布局的调整或引进作物的某一新品种，均需先进行土地类型调查与制图，摸清适宜于某种作物的土地性质及其地域分布状况。林业中为造林服务的土地调查与制图已有悠久的历史，广义说也属于土地类型调查与制图之列。牧草地规划中的前期工作——草场分类与制图，大多依据植被及地形、气候、土壤等因素的综合分析而进行，因此也可以说是一种广义的土地类型调查与制图。

根据土地类型调查与制图的性质，可将其分为两大类：

(1) 一般目的土地类型调查与制图

此类调查与制图是从土地本身的综合属性出发，揭示土地的形成、特性、结构和地域分异规律，也就是说，它并不偏重于考虑某种具体的利用目的。在调查与制图过程中，主要依据对土地组成要素及其相互关系的综合分析，恰当地选取反映土地各级土地类型的特征。例如《中国 1∶100 万土地类型图》，其“制图规范”指出，该图的内容“反映地质、地貌、气候、水文、土壤和植被等自然要素及人类对自然环境在内所形成的、相互制约的自然综合体”，并指出该图“具有高度综合性，可作为科研、生产和教育部门了解土地的基本资料，为进行土地资源评价、农业区划和国土整治规划提供科学依据”

(2) 特殊目的的土地类型调查与制图

此类调查与制图具有明确和具体的目标，如某种作物的栽培、荒地开发、水土保持、城市建设、自然保护等等。特点是在分类主要指标的依据上要更多地考虑到服务目标有关的内容，如黄土高原区为防治水土流失划分土地类型时，必须考虑坡度，并选取控制侵蚀等级的某些坡度界限作为土地分类中的一项重要指标。

当然，一般目的土地类型调查与制图的适应性广，可为特殊目的的土地类型调查与制图提供一个“框架”。特殊目的的土地类型调查与制图的实用价值较大，如对茶叶、橡胶与适宜地评价所作的土地类型调查与制图。

在土地类型调查与制图中，恰当地选择制图比例尺至关重要。比例尺不仅与成果的精度有关，也与调查和制图的工作量及费用有密切关系。根据 D. Dent（D. 登特）和 A. Young（A. 扬）的研究，野外调查比例尺增大 1 倍，工作量大致增加 3 倍，而调查费用约增加 2.6 倍。比例尺的选择要考虑到：

- 调查的目的与任务。
- 土地结构的复杂程度，愈是复杂，比例尺愈大，以便将土地结构的真实情况在图上反映出来。
- 客观条件，包括可用于调查与制图的人力、物力、提交成果的期限，也包括可收集到的图件、资料和遥感影像等。

一般说来，调查中所用的底图比例尺要两倍于最终成图比例尺。这样，既可将研究区的土地分异细节表示在底图上，又便于最后成图时缩编。

(二) 土地类型调查的准备工作

与自然区划的编制一样，土地类型调查与制图也包括室内准备、野外考察和室内总结 3 个阶段，其中准备阶段常包括：

1. 明确目标，拟定计划，组织队伍

在调查之前，最重要的是明确调查所需解决的问题，是为农、林、牧业发展的调查，还是为城镇建设的调查，目标愈明确，针对性愈强，调查的成功率愈高，成果的用途愈大。

根据调查区的特点和客观条件，制订切实可行的调查计划，包括调查的目的和任务，技术规程、预期成果、技术方法和工作步骤、工作量估算以及物质装备、经费预算等。

土地类型调查属于综合调查，调查队伍中不仅要有综合自然地理专业的人员，还应尽可能地吸收地貌、植被、土壤、水文、气候等学科的专业人员，如果是为某一特殊目标进行调查，还应有这方面的专业人员参加和配合。

2. 资料的收集

要尽可能广泛地收集有关的图件和资料。一般来说，应收集以下图件和资料：

(1) 文献资料

除搜集和研究调查地区自然资源和自然条件方面的资料外，还应适当阅读社会经济发展历史、现状以及区域规划方面的资料，了解毗邻地区和类似调查地区的其他地区的资料，以及与本任务有关的文献。

(2) 图件

包括不同比例尺的地形图(底图)和专题要素图，例如地貌图、土壤图、地质图、植被图、气候图、水文图、土地利用现状图、森林图、草场图等；也包括不同比例尺、不同时间获得的遥感影像——航片和卫片。

对搜集到的资料要分析研究，以便了解该区的地域分异规律和拟调查土地单位分异的因素，拟订土地分类系统的初步方案，根据文字和地图资料，结合遥感图像初判，编绘土地类型草图。尽管这个分类方案和草图最后可能有较大的变动，但不能因此认为这种准备工作是不必要的。

3. 装备

在一般情况下需携带以下工具：全球定位系统(GPS)、罗盘、望远镜、数码相机、挖土或取土工具、钢卷尺、土壤比色卡、野外 pH 试剂、放大镜、海拔高度表、简易立体镜、绘图工具(量角器、曲线板、三角板、圆规等)、透明坐标纸等。

(三) 调查研究方法

这是整个土地类型调查和制图工作最重要的环节。主要任务是查明制图区的土地分异因素和所研究土地单位的特点，并在此基础上进行土地分类，在地图上表示出各类型单位分布区的轮廓界线，绘制土地类型图。具体来说有以下几种方法：

1. 路线考察

路线考察的主要目的，是摸清土地类型分异的主要因素及分类指标，从而建立恰当的分类系统，为土地类型制图奠定基础。而且，通过线路考察，研究土地各组成要素的特点和相互关

系、土地类型综合体的特征和影像解释标志，为室内土地类型解译创造条件。在路线考察之前，要对搜集到的图件、遥感图片及文献全面分析，以求对研究区的自然地理特点和土地类型分异规律有一个初步的认识。

恰当地选定考察路线是保证路线考察成功的重要条件。选择路线应注意以下几项：

(1) 路线的密度应满足制图比例尺和制图任务的要求，并符合制图区土地类型组合的复杂程度；

(2) 在整个制图区范围内路线的分布应比较均匀，既要避免路线疏密不同造成调查深度不一致，又要遵循土地类型制图对路线走向的要求；

(3) 路线应尽可能穿过各种土地类型的分布区，只有当路线穿越同一地势剖面上的各种地貌形态，如河谷、阶地、不同朝向的谷坡、山坡和分水岭时，才能达到这个要求。

路线考察可借助交通工具进行。在观测点上，不同专业人员要对地质、地形、土壤、植被和土地利用等进行详细观测和研究，根据需要还可对土壤、植被和岩石等进行采样，以及拍摄反映土地类型特点的照片。特别重要的是要进行土地类型性质与遥感图像之间的联系，建立土地类型解译标志，以便随后进行的室内土地类型解译。

对每一个观测点都要详细记录其自然地理特征和土地类型的性质。这种记录要用事先设计的表格(表6.6)，以便于日后整理和归档。有了这种表格，不仅可对该区的土地类型作出综合和概括，也可方便于随后进行的土地评价。

表6.6 土地类型野外描述表

编号： 调查人： 日期： 年 月 日

<table>
<tr><td>土地类型命名</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>地理位置</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">地
貌</td><td>地貌类型</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">形态测量指标</td><td>海拔高度</td><td>相对高度</td></tr>
<tr><td>坡　向</td><td>坡　度</td></tr>
<tr><td colspan="3">现代地貌形成过程及外动力情况</td></tr>
<tr><td>岩性和土质</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>土　壤</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>植　被</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">水文状况</td><td>湿润程度及天然排水条件</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>潜水埋深</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>利用现状及
合理利用意见</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>综合剖面示意图</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

2. 综合剖面分析

在路线考察过程中，编绘土地类型综合剖面图(profile map of land type)，对于分析土地组成要素、要素间相互联系以及不同土地类型之间的空间组合关系有重要的作用。尤其在山

区，地形比较复杂，起伏又大，土地类型的分异状况和结构比较复杂，综合剖面分析有助于阐明山区的垂直分带与分层、水平分异规律与土地类型结构。

综合剖面图具有水平和垂直两个坐标，因此在测绘之前，应预先确定剖面线的走向和剖面图的水平和垂直比例尺。剖面线的走向确定与选择调查路线的要求相同。水平比例尺需视制图对象而定，通常大比例尺土地类型制图才在野外测绘综合剖面图，因此水平比例尺一般不小于1：5万。垂直比例尺随水平比例尺而定，在地面起伏较大的地区，采取垂直比例尺可与水平比例尺相等，而在起伏较小的平原和丘陵区，垂直比例尺可大于水平比例尺，但放大后的地面起伏曲线既要能明显地反映高低变化，又不能失真。

综合剖面图包括3个组成部分，即剖面图、带状图和土地类型描述表(图6.7，表6.7)。

(1) 剖面图

剖面图以地面起伏曲线为骨架。在地面起伏曲线上方，用鲜明的形象符号表示出植被。符号设计要注意表示出植物群落的特征，尤其是乔、灌、草3个层次和植物种类沿剖面的变化。在地面起伏曲线下方，依次表示出土壤、第四纪沉积物和母岩，土壤层可用狭窄的晕线条表示，条带的宽度最好能与土壤层的厚度变化大致成比例。土壤类型的差别可用不同晕线符号反映。在图解图的下方也可表示出典型土壤剖面柱状图，而土壤剖面的位置则可用倒三角形符号表示于地面起伏曲线上。第四纪沉积物和母岩可用地质符号表示在土壤晕线条带之下，要力求表现地质、地貌与土壤之间的关系。如有地下水埋深资料，可用虚线将地下水面的位置表示在剖面图上。有时还可表示气候特征，主要是水热特征，在最上面用降水量和气温曲线表示小气候特征。

(2) 带状图

带状图是剖面线两侧一定宽度范围内土地类型的影像特征或土地类型图的一部分，通常放置在剖面图以下。剖面线的确切位置用粗线条表示在带状图上。

(3) 土地类型描述表

土地类型描述表置于带状图的下方，其横行列出土地类型的名称和代号，纵行列出土地类型的主要特征或数量指标，内容要求简明扼要。

土地类型综合剖面图的各个组成部分以及图名、比例尺、图例符号等要配置适当，协调和谐。应该指出，综合剖面图上的植被、土壤等的类型及其界线，是在室内判读地形图和航空相片，并分析其他自然要素的图件与资料而初步确定的。在野外路线考察后应予补充和修正。尤其是土地类型及其界线，必须在野外沿剖面线依次观察和分析后予以最后确定。由此可见，如果综合剖面图的选线能与路线考察线一致或基本一致，就可减少许多工作量。

3. 地形图专门内容的判读

地形图，特别是航测大比例尺地形图，包含着丰富的地理内容。质量优良的地形图，不仅地形和水网精确，而且还有植被和土壤方面的某些内容，足以反映自然景观特征。

判读地形图中有关土地类型的专门内容，首先应从分析等高线系统及其所反映的地貌形态入手。地形图中的地理内容，除地形用等高线组合来表达外，其他均用形象化图例和文字表示。因此，地形的识别是地形图判读的关键。从平面的等高线组合获得立体地形概念，需要经过一定的训练，而了解地形要素的分类及其在地形图上的表示方法则是这种训练的基础。地表各种地貌类型，归根到底是由各种地形要素组成的，只有熟悉不同地形要素在地形图上的表示方法，才能获得立体的地形概念。

图6.7 土地类型综合剖面图
(据刘胤汉，1988)

表 6.7 图 6.7 中各土地类型描述

土地单元号*	土地素号	坡度	基质	湿润状况	土种	植物群丛	土地素名
Ⅰ	Ⅰ2		多种成分的砾石，粗细砂粒等	潜水面浅，湿润状况良好	流水冲积的大小不等的砾石沙粒	河漫滩型群丛，主要植物有柄蓼、酸模叶蓼、扁蓄、小蒸草等	间歇性流水干河床
	Ⅰ4	3°	河流冲淤的沙、砾及淤泥	湿润状况较好，潜水深1.5 m	沙壤质生草草甸土	主要为农田，田坎上有大车前、马蔺、两柄萝、现代野芹菜等	高河漫滩生草草甸土耕地
	Ⅰ6	5°	移动了部位的黄土色亚粘土和砾石组成的坡积物	比2号土地素差，潜水位较深	沙壤质原始褐色土	主要为农田	一级阶地原始褐土耕地
Ⅳ	Ⅳ22	14°	主要为红色亚粘土，其次为砾石	比3号土地素差，土壤干燥	杂有砾石的粘壤质淋溶褐色土	耕地田坎上有白羊草、白毛草和单株阔叶树，如白杨	塬边缓坡耕地
	Ⅳ24	8°	黄土和红色亚粘土	潜水位虽较深，但湿润状况较4号土地素好	沙壤质淋溶褐色土，土层深厚	田坎地边有细叶苔、冷草、白羊草、鹅冠草等，塬面上有农田	缓起伏的塬面褐土耕地
	Ⅳ21	18°	红色亚粘土砾石层	干燥	夹有砾石的沙壤质淋溶褐色土	鹅冠草、野蔷薇、艾蒿、葵陵菜、单株乔	砾石裸露的塬边斜坡稀树灌丛杂草地
Ⅱ	Ⅱ15	10°	黄土、红色亚粘土和较多的砾石	不十分干燥	沙壤质原始褐色土	主要为农田	缓沟坡褐土耕地
	Ⅱ12		为多种成分的砾石及粗细沙粉淤泥	湿润状况较好	中间夹有大小不等砾石的粉沙质冲积土	水沟旁有蒸草、节节草、鹅冠草、扁蓄和杨柳幼苗	砾石河床
Ⅰ	Ⅰ4		砾石沙土混杂出现，各占50%	部位低，但相当干燥	砾石沙壤质生草冲积土	河漫滩草甸向禾草草原过渡的植被类型，主要植被有小蒸草、节节草、扁蓄等和人工种植的杨柳幼苗	高河漫滩生草草甸土耕地
	Ⅰ						常年流水河流
Ⅴ	Ⅴ31	15°	为一坡积，其物质组成有移动了部位的黄红色砂岩、红色亚粘土等	湿润状况差	夹有坡积石块的沙壤质淋溶褐色土	为稀树草原，主要有冷草、细叶苔、夏枯草、黄鼠草等	残丘下部沙壤淋溶褐土荒坡草地
	Ⅴ33	10°	坡积和残积物坡积物，主要有红黄色砂岩、土状堆积、泥灰页岩风化物，残积物主要为红黄色的砂岩露头	干燥	壤沙质淋溶褐色土，土层薄，分布不均匀	稀树灌丛，有细叶苔、冷草、鹅冠草、苦参、野蔷薇和温带果树，如柿、胡桃杏，其次为白杨	残丘腰部壤沙质淋溶褐土稀树灌丛草地
	Ⅴ30	17°	红黄色砂岩、泥质页岩褐煤层交互出现及风化后变位的坡积物	比10号土地更干燥	石砾褐色土	苦参-白羊草群丛，野梨+野蔷薇丛，主要植物：苦参、野蔷薇、野梨、白羊草、葵陵菜、鸡眼、单蒿等	残丘上部石质褐土，苦参-白草草地
	Ⅴ28	5°	黄土状堆积物	较前几个土地块好	粘壤质淋溶褐色土	白茅草群丛	上部粘壤质淋溶褐土耕地

* Ⅰ 漫滩阶地土地单元，Ⅱ 干沟土地单元，Ⅳ-褐土塬面土地单元，Ⅴ-残丘坡土地单元。

下面介绍一下面要素、线要素和点要素的判读：

(1) 地形面要素判读

面要素即地貌面，它们的类型是复杂多样的，有山脊面、山坡面、山麓面、平地面、阶地面、阶坡面等。

山脊面 有时称分水岭，按 Соболев(索波列夫)的观点，山脊的形态有9种：

- 塬式分水岭：平而宽，如中国黄土高原的塬。
- 平墚式分水岭：平而不宽，是塬进一步变窄而形成的。
- 条墚式分水岭：条状延伸，时而变宽，时而变窄，沟谷网几乎达到分水线，但尚未切断分水岭，是平墚式分水岭进一步侵蚀而成。
- 峁墚式分水岭：沟谷网切断了分水岭，成峁状起伏的墚。
- 峁式分水岭：峁墚式分水岭的鞍部进一步降低，成为成排的峁状山峰。
- 屋脊状分水岭：当凸坡被流水作用下切变成直坡时便形成。
- 尖齿状分水岭：分水岭两侧坡面都已成凹坡。
- 残丘分水岭：分水岭已成个别孤丘、孤峰，散乱地分布在平地中。
- 有山前阶梯的分水岭：是构造运动不均匀或断层作用形成的特殊形式的分水岭。由于岩性不同而引起的差别侵蚀也能形成这类分水岭。

研究分水岭除了注意其高度型(高山、中山、低山、丘陵)和形态型外，还要注意其构造发生型、物质组成、发生发育和演替等。山脊的构造发生型包括背斜山、向斜山、单斜山、地垒山、断层山、火山、穹形山、各种侵蚀残余山、堆积山等。山脊发展到某一阶段后即可分明地区分为山峰和山鞍两个组成部分。

山坡面 按其形态可分为直坡、凹坡、凸坡、凸凹坡，坡度按形态测量指标可分为5级：

- 平坡(0～3°)，水土流失不严重，河流作用以曲流侧蚀为主，必须修建护岸工程，常为良好的耕地。
- 缓坡(3～15°)，除坡田外水土流失不严重，必须修建梯田或种植防护草带，坡田必须等高耕作。
- 斜坡(15～23°)，缺乏植被时水土流失严重，可种植果树及牧草，发展小部分梯田。
- 陡坡(23～34°)，若没有植被水土流失非常严重，必须重点造林，局部可种植牧草及果树。
- 险坡(>34°)，水土流失严重，必须封山育林。
- 悬崖，指接近垂直的坡面。

对于山坡面除形态型及坡度级外，还必须研究其物质组成 —死山坡(基岩裸露的山地)、软山坡(覆盖有较厚的疏松堆积物)、活山坡(水土流失较严重的山地)及有关形态测量指标及按发生分类的叠加地貌等。

山麓面 分布在坡脚，通常由山麓平原(洪积裙)或山前岩屑锥群所构成，这里的水系与山脊面、山坡面完全不同，成漫流放射状，河谷由宽而河床不太固定的形式逐渐变成较深而固定的形式。

平地面 山边平地，经常是河谷泛滥地或游积平原，必须研究其高度型(低平原、高平原、高原)及形态型(平坦、单斜、中凹、波状起伏等)，还必须注意其构造发生型(原始水平层理平原、熔岩平原、准平原等)，物质组成，有关的形态测量及按发生分类的叠加中、小地貌等。

(2) 地形线要素判读

线要素是两个斜坡相遇所构成的曲折的坡折线，有山脊线(或分水线)、流水线、坡缘线、坡

麓线4种。

分水线 两个方向相反坡面构成的上凸形分界线。可以是平直的，也可是曲折的。平直说明分水岭稳定，曲折表明各集水盆后方不等速扩展。分水线有时起伏很少，有时起伏极大，单位距离的分水线起伏次数叫分水线起伏度，以每公里若干次表示。分水线起伏度越大说明地貌发育越接近于壮年期。

流水线 两方向相反的坡面组成的下凹形分界线，若位于沟底则称为沟底线，分布在河底则称为河底线。幼年期河底线在地图上投影平直，但比降不均匀；壮年期河底线成曲流形态，但比降均匀；老年期河底线弯曲更大，比降也更均匀。

坡缘线 两个倾向大致相同、但倾角不同的坡面组成的侧凸形分界线，平直坡缘线往往形成不久，曲折坡缘线则是受河间地流水切割破坏而形成的。

坡麓线 两个倾向大致相同、而倾角不同的坡面组成的侧凹形分界线。明显的坡麓线是由河流侧蚀作用及块体运动形成的，平滑坡麓线是刚刚形成的，若已有曲折变化，则可能是坡麓叠加了岩屑锥等形态的结果。

(3) 地形点要素判读

地形点要素有坡折点、山峰点、山鞍点、凹地中央点、河底点、瀑布点和河口点等。两坡面交界之点叫坡折点，包括山脊点、坡缘点、坡麓点和河底点等。一系列山脊点构成山脊线，一系列坡缘点连续组成坡缘线，一系列的坡麓点连续组成坡麓线。

山脊按其起伏状况可分为山峰和山鞍两部分，山峰之最高点称为山峰点，山鞍相对于山峰的最低点也是相对于山坡的最高点称为山鞍点。河谷横剖面的最低点叫河底点，沟的横剖面的最低点叫沟底点，流水线的明显上凸坡折处为裂点（又叫瀑布点或急流点），流水线的出口处为河口点或沟口点，凹地的最低处为凹地中央点。

自然界的一切地貌形态都是由这些地形要素组合而成的，如沟谷形态常由两相向坡面组成下凹形态加上流水线构成，山脊形态是由两相背的坡面组成上凸形态加上分水线而构成。

一切地形要素均可在地形图上读出。孤立的一条等高线只是等高各点连成的一条数学曲线，但一系列等高线的组合即所谓等高线系统（contour system），可以表示一定的地貌类型，因此研究地形要素的等高线系统便成为研究不同地貌形态的等高线系统之基础。面要素常以等高线系统表示，线要素和点要素虽不能以等高线系统表示，但是可根据等高线系统以线和点标出（图6.8）。熟悉了地形要素的等高线系统，便可进而研究不同地貌形态的等高线系统。

具有上述知识，就可以讨论与各级土地单位相应的地貌基础的判读问题。“相”的地貌基础是地貌面，因此，判读地貌面，并确定各地貌面转折的地形线要素，便可进行相个体的划分。“限区”的相应地貌基础是初级地貌形态，其中简单限区相应于未遭受切割的单个初级地貌形态，复杂限区相应于遭受一定切割的简单初级地貌形态。面积较大的限区进一步遭受切割，形成复杂初级地貌形态，相当于“地方”一级形态单位的地形基础。图6.9表示简单限区遭受切割逐步演化为地方的过程。

因此，土地单位可根据等高线系统确定，划分出其个体，并确定其个体间的界限。此外，地形图还有部分土质、植被内容，有助于确定与各土地单位相应的植被、土壤，但其面积往往远超过土地单位个体范围。因此，土壤和植被的内容主要应根据该地区地带性条件结合地貌部位进行综合判读。

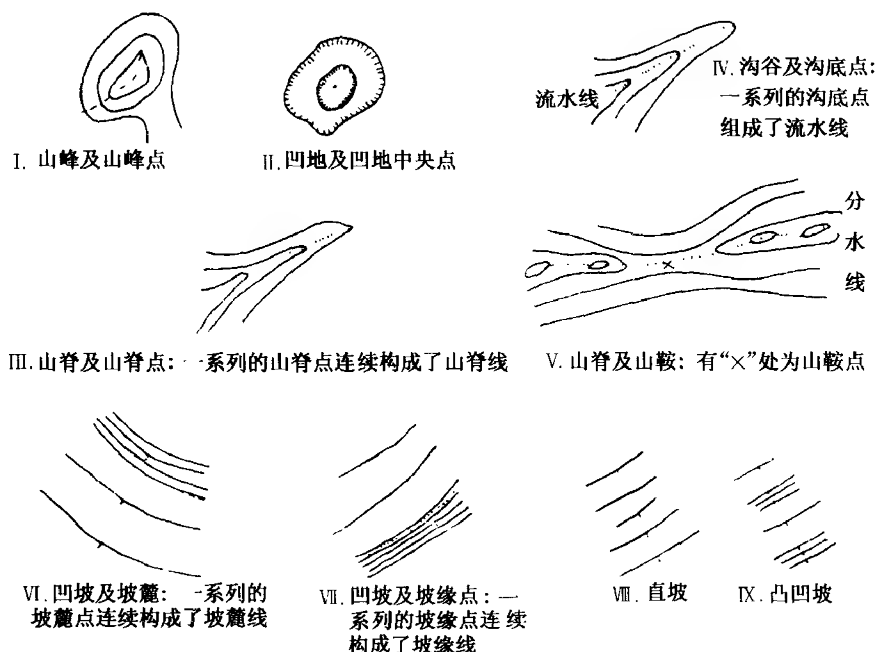


图 6.8　地形要素的等高线系统

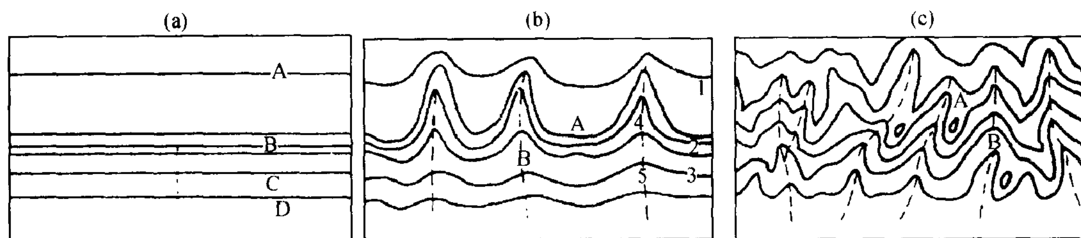


图 6.9　限区和地方的地貌基础及其演变关系

(a) 包括有 4 个相(相组)的简单阶地限区：A. 阶面相;B. 阶坡陡崖相;C. 阶地斜坡相;D. 平地相

(b) 风遭受冲沟切割的阶地限区(复杂限区)由两种简单限区组成：A. 谷旁伸延山脊限区;B. 冲沟限区，由 5 种组成(1. 平坦山脊顶面相，2. 陡崖相，3. 山坡相，4. 沟坡相，5. 沟底相)

(c) 面积较大遭受多次重叠切割的“古”阶地地方，由两种复杂限区组成：A. 峁墚山脊;B. 小河谷，由 7 种简单限区组成(1. 残丘;2. 平顶分水山脊;3. 谷旁伸延山脊;4. 斜降山脊;5. 小河阶地;6. 小河河槽;7. 冲沟)

4. 遥感图像的应用

近年来，遥感技术的普遍应用，为土地类型调查和制图提供了新的手段和方法。

土地单位是一个自然地域综合体，而航片影像是土地综合自然特征准确而清晰的客观反映。因此，可以根据影像的色调、大小、形状和花纹结构等，直接区分出各种土地类型，分析组成土地单位的各自然地理成分的特征及相互关系，这些成分具有相互联系的性质，但每个组成成分在航片上显示的清晰程度不同。因此，可以在地理相关分析的基础上，通过一部分能够直接显示的成分和指标，推断另一部分显示不清晰的成分或指标。

卫片也是土地综合特征的客观反映，也可根据影像特征区分各种土地类型，解译各自然地理成分的特征及分析其相互关系。然而，应注意卫片与航片间的重要差别：

● 卫片是土地单位综合特征的大幅度浓缩，目前其比例尺一般为 1：100 万，可放大成 1：50 万，1：25 万；航片比例尺一般为 1：3.5 万和 1：1.8 万，卫片比航片比例尺要小得多。

● 卫片具有多波段的光谱特征，而航片没有。不同光谱段的影像反映不同地物的电磁波特征，便可产生不同的解译能力，而且卫片包括地表以下一定深度的反射和发射光谱。因此，在某些方面卫片比航片具有更强的解译能力。

● 卫片具有假彩色，可通过假彩色密度分割和影像边缘增强及空间滤波影像增强技术，提高解译质量。

● 卫片常有不同时相的影像，多时相对比，有助于了解土地单位的年际和年内变化。

基于上述情况，利用航片、卫片编绘土地类型图时，应注意下述几方面：

(1) 利用航片和卫片编绘土地类型图，首先要根据影像特征建立解释标志，如形状、大小、色度、阴影、组合图案等。

(2) 航片、卫片相结合解译的方法。如用卫片编绘 1：100 万土地类型图时，用航片作补充判读，有助于解决沟谷密度问题；而用航片编绘 1：5 万土地类型图时，用 1：25 万卫片作补充，有助于了解土地类型的分布规律。

(3) 利用卫片、航片区分出土地类型之后，因其影像大多未经纠正，只能根据地形图进行转绘。

(四) 土地类型图的编绘

土地类型的研究成果要落实到图上，即编绘土地类型图，这是土地类型研究中的一个重要环节。土地类型图属专题地图，它具有专题地图的一般特点和编图要求，然而土地类型图也有其自身的特点。编图的目的在于揭示某一区域土地类型的形成、特性、结构和土地分异规律，全面、系统地总结出土地类型研究的成果，为土地资源评价、土地规划和管理、农业区划和国土整治提供基础和科学依据。

1. 土地类型图的编绘程序

土地类型图表示土地的分类单位，由于土地个体单位有不同的级别，故图上表示的只是某一级土地单位的类型，制图比例尺不同则土地单位级别亦将有变更。基于上述情况，编绘土地类型图时必须首先确定制图对象（某一基本土地单位），然后根据野外考察和有关资料划分土地单位并进行分类，最后拟定图例，确定表示方法并进行地图整饰。

与编图直接有关的几个步骤，一是转绘，转绘的任务是将遥感影像图上解译的土地类型界线转绘到底图上，底图多为地形图。转绘的方法有图解转绘法和仪器转绘法两类；二是接边，土地类型图往往是分片编制的，会出现一系列变形，或类型界线不一致。另外，还有图例系统的设计、清绘、面积量算和着色等程序。

2. 土地类型系列制图

系列制图是指不同比例尺的成套同种地图和同一比例尺的成套地图的编制，可相互对比和引证，有利于进一步揭示制图对象的属性，深化制图内容。

土地类型系列制图可分为两方面：

(1) 土地制图综合

编制各种比例尺的土地类型图或土地潜力分等图件，称为土地制图综合，也就是在不同解译水平上进行土地分类研究，大比例尺图是小比例尺图的解剖深化，可以揭示制图单元的内部结构（图 6.10～6.12）。

前的意见和规划,具有极大的创造性。现代意识不是保守的、中庸的、封闭的、专制的、愚昧的意识,而是充满革新精神的主体意识、群体意识、忧患意识、科学意识,等等。

主体意识就是作者对“自我”价值的充分认识和肯定。只有具备主体意识,才能有勇往直前的勇气,在实践中发现问题,敢于冲破种种“禁区”,表现出开拓、开放、革新的精神,进入写作的最佳状态。群体意识就是溶我、溶我的创造、溶我的价值于群体之中的一种意识。因为自我意识不能独立于群体之外,只有与大众相系、与革新时代相通、与社会前进的脉搏相连,才具有无比的广阔度,作者才能对生活有更深层的感受,辐射出人民大众的愿望来。

忧患意识就是关心人民、关心祖国的“先天下之忧而忧,后天下之乐而乐”的民族传统意识中的优秀意识。它是建立在人道意识和批判意识基础上的,它使作者具有强烈的历史责任感和使命感,对祖国的命运和民间疾苦常怀戚戚之心,对世间的缺陷和不公平特别敏感,常为改变这种缺陷而发出心灵的呼喊,对不合理的意识进行猛烈的批判。

科学意识就是正确解释自然和社会现象的意识,即唯物主义的宇宙观和平等民主的社会观。只有具备科学意识,才不会被怪诞、迷信所蒙蔽,陷人唯心主义的泥坑,同时也才能以平等民主的意识对待社会人生,更深刻地透视、反映和表现生活。

四、坚定信念,加强写作实践

文章是写出来的!写,就是苦练,就是实践!果戈理在《致契诃夫》的信中说:“写作的人像画家不应该停笔一样,也是不应该停止笔头的。随便他写什么,必须每天写,要紧的是叫手学会完全服从思想。”周立波在《文学浅论》中认为:“一个文学工作者要经常练笔,就和一个拳师要经常练拳一样。长久不练,就会荒疏。”多写,才能顺畅地表情达意;多写,才会明白文章之“利病”;多写,语言文字的运用才能熟纯美妙;多写,才能去“常语滞义”,获得新鲜的思想,做到“手之所至,随意生态。”(姚鼐:《与陈硕士书》)所以,郭沫若希望战士“多体验,多读书,多请教,多练习,集中注意,活用感官,尊重口语,常写日记,除此以外,别无善法。”俄国作家契诃夫则鼓励人们:“我们大家都应该写、写、写,写得尽量多!”可谓实践出真知,实践出智慧,实践出技巧,实践出美文!

既然写作具有强烈的实践性,作者就要坚定信心,具有迷恋、坚韧、真诚、勇敢的品质。迷恋就是热爱,只有热爱才能甘愿吃苦,为之献身,具有强大的动力;坚韧就是认准目标,百折不挠,具有克服各种因难的顽强意志力;真诚就是真情、真思、真实、忠于生活,忠于自己的良知,始终怀着一颗赤子之心;勇敢就是要有胆略。叶

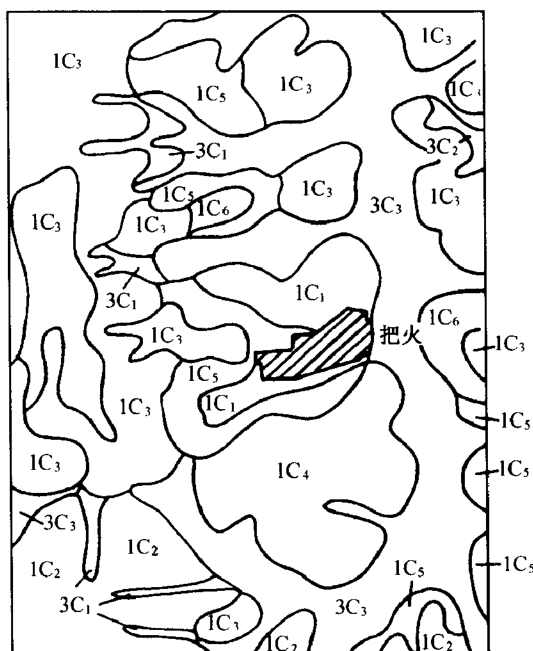


图 6.12 花溪乡土地(片)类型图(部分)

(据蔡运龙,1992)

(2) 土地综合制图

编制同一比例尺的土地类型图、土地潜力分等图、土地利用现状图等图件,叫做土地综合制图。

3. 土地类型系列制图需要注意的几个问题

(1) 系列图的比例尺

比例尺的大小与研究深度和土地类型在图上表示的详细程度直接有关。在选择比例尺时,要考虑到所采用的比例尺可全面客观地反映土地类型的分布和结构。在多数情况下,某一种比例尺总是有与其相对应的土地等级单位,如"相"适于大于 1∶1 万,"限区"适于 1∶1 万～1∶5 万,"地方"适于 1∶10 万～1∶25 万,这些可作为基本比例尺。此外,还可根据具体情况增加某些辅助性比例尺。当然选择比例尺还要考虑研究地区的复杂程度和典型性。

(2) 制图综合

制图综合(cartographic generalization)是由大比例尺综合到中、小比例尺的土地类型图,由于比例尺缩小,必须进行适当的综合——概括、取舍,选取重要的和本质的内容,舍去次要的和非本质的碎部,概括地把土地类型的基本轮廓和典型特征反映在图上。土地类型制图综合的特殊之处在于随着制图比例尺的缩小可变换制图对象。

(3) 协调

土地类型系列图中每种图的制图对象和综合程度虽然不同,制图的特点和表示方法也不一样,但这些图不是机械地凑合在一起,而是彼此互相补充和联系的,因此在这些图件之间存在一个协调问题。协调还表现在同一区域内、同一比例尺的各种专题地图之间图例和轮廓界限的协调。如制定 1∶2 万、以限区为对象,相应地以初级地貌形态为地貌图的制图对象。

6.5 土 地 分 等

土地分等即土地评价(land evaluation),也就是说土地评价的最终结果通常是进行土地分等。同类型的土地对于农业、城市建设、旅游、交通等不同生产部门来说,其适用性和质量好坏存在着一定的差别。因此,需要根据具体的生产目的,对各种土地类型在该种利用下的潜在能力进行评价,划分出不同的等级,以便充分而合理地利用土地资源,满足生产要求,能保持环境质量。

土地分等的针对性很突出。同样的土地,针对不同的用途可有不同的评价和划分为不同的等级。因为对于不同的生产目的,同类型土地表现出不同的生产潜力,即有不同的适用性、不同的限制性、不同的经济效益和不同的生态效益。如怪石嶙峋的石灰岩峰林石山,对于农业生产而言,其适用性很低,限制因素很多,即便开发利用也收获无望,还会破坏生态平衡,因此是劣等的;而对于旅游业,则可能是有利的、优质的。

由此可见,进行土地分等首先要了解特定利用目的对土地的要求,诸如农作物的生态幅度,它们对土壤的要求,牲畜对牧草的选择,或者建筑工程对地基载荷能力的规定等等。其次要了解评价区内土地的性质,既要先行完成土地分类研究,还要了解当地社会经济背景,包括区位条件、劳动条件、经济历史特点、现行经济政策及未来的发展规划等等。因为土地评价不可能是纯自然的评价,要为生产服务,必须结合具体经济条件分析。只有进行了上述前期准备,才能展开评价和分等。

因此,土地分等是根据具体的生产目的对土地的适用性和生产潜力进行评价分级。所以土地分等又称土地评价。也有人称为“土地潜力分级”、“土地评级”、“土地质量评价”和“土地资源评价”等。土地分等研究的基本特点是将土地资源特点与土地利用需要加以对照的一种评价研究。然而,土地利用的需要是多种多样的,于是根据目的不同而有各种土地评价,如农业生产的综合性评价、城市用地评价、军事用途的土地评价、林业土地评价、灌溉农业土地评价、雨养农业土地评价、牧业土地评价,甚至专门针对某一作物的土地评价等等。由于土地评价具有显著的实践性,因此在国内外都受到重视,并已发展成为一门新兴学科——土地资源学。

中国对土地评价的工作有悠久的历史,早在2000多年前,《管子·地员篇》中,就土地对农林业生产优劣而分为:“上土”、“中土”、和“下土”三等,每等又分6类,每类又分6种,实际上是对土地进行等级评价。自20世纪50年代中期以来,中国曾为不同的生产目的进行过土地评价工作。例如,中国科学院黄河中游水土保持综合考察队,曾在黄土高原进行过土地分等和制图,划分出一些“级”和“类”。中国科学院地理研究所在西北干旱地区也进行过类似研究,在甘肃民勤沙井子地区进行大比例尺制图时,根据土地利用适用性分出6种“地类”。北京大学地理系和中国科学院寒区旱区研究所也在毛乌素进行了土地分等研究。80年代以来,由于中国科学院自然资源综合考察委员会主持进行《中国1∶100万土地资源图》的编制工作,土地分等已在全国普遍开展,并绘制了局部区域的大、中比例尺图。

(一) 土地分等的对象、目的和要求

1. 土地分等的对象

土地分级、土地分类和土地分等是3个相互联系的概念。土地分等是在土地类型研究的

基础上，针对具体服务目的对土地的可用性进行评价，这涉及到土地评价的对象，即以什么单位为对象来进行评价。从国内外土地评价方法来看，大致有三种土地评价单元：土地类型单位、土壤类型单位和土地利用现状类型单位。由于土地类型单位反映了土地的全部自然特征，也考虑了人类活动对这些特征的影响，因而不仅能表现土壤和土地利用的相对一致性和差异性，也表现出其他土地要素的相对一致性和差异性，所以土地类型作为土地评价单位更为合适。事实上国内外的土地评价已越来越多地以土地类型为基础。由于土地类型的划分总是联系某一土地分级单位进行的。因此，土地单位的多级性和土地类型的多系列性，决定着土地分等亦应针对不同级别的土地类型来展开。也就是评价单位与制图单位应相一致，即制图单位为相(或立地)时，评价单位应与之相同，而不是泛指的土地类型。这样，不仅解决了制图单位与评价对象问题，而且意味着土地评价中必然遇到的尺度问题和分类层次问题都可利用已有的土地类型理论来解决，而不必另起炉灶。

2. 土地分等的目的

土地评价的目的是：

- 充分而合理地利用土地资源，以便既生产更多的物质财富，又能保持良好的自然环境；
- 查清各类土地的数量，评价土地质量；
- 阐明土地资源的利用现状和发展农林牧业及多种经营的土地潜力，为国土开发、整治规划提供基础资料和科学依据。

根据评价目的的专门程度，又可分为土地综合评价和土地专门评价两种。

(1) 土地综合评价

土地综合评价是对土地的农、林、牧生产能力(或再加上野生生物保护和旅游价值等)分等级，它主要评价土地对于大农业生产的自然能力，对土地利用的经济、社会、技术、区位因素只当作背景材料而不作深入分析。这种评价的目的较为广泛，在宏观规划管理中有重要作用。

(2) 土地专门评价

土地专门评价是确定土地对一定专门用途的适宜性和适宜程度，并计算其生产潜力。土地专门评价的基本原则：

- 要针对特定的用途种类进行土地适宜性评价和分类；
- 要求对不同的土地类型在可能获得的收益和所需投入之间进行比较；
- 评价需要作多学科研究；
- 评价要切合有关地区的自然、社会、经济条件；
- 适宜性的涵义是指持续的土地利用而言；
- 评价要在几种途径之间进行投入-产出比较。

3. 土地分等的要求

对土地评价，应回答下列问题：

(1) 土地的自然生产潜力有多大，目前达到的水平；

(2) 土地的适宜性，即经营什么能得到最好的经济效果；

(3) 土地有哪些限制因素影响潜力的发挥；

(4) 目前的土地利用是否合理，对环境的影响有哪些不利后果；

(5) 改变环境条件或改良经营品种以提高经济效益的可能性。

土地评价是制定土地利用规划的一个步骤，即在土地评价的基础上编制土地利用规划。

土地评价涉及到自然、社会和经济因素，因此，真正的土地评价正是自然地理学和经济地理学的结合点。

(二) 土地评价的依据和指标

土地的适宜性(land suitability)、限制性(land limitation)、经济效益(land economic benefit)和生态效益(land ecological benefit)是土地评价分等的主要依据，同时又要考虑具体的社会经济条件。指标是衡量土地质量高低的标准，它表明土地所提供利用条件的优劣程度。

1. 土地适宜性

土地适宜性是指在一定的条件下土地类型对某种经济利用的适宜程度，可以按土地现状或改良后的状况加以考虑。衡量土地适宜程度的主要指标是考察土地能否长期的、最有效的得到利用和最大限度的发挥其潜力。

在农业生产用地中，土地的适宜性一般分为：

- 多宜性，即同时适宜于农、林、牧等多种生产；
- 双宜性，即同时适宜于农、林、牧中的任何两种生产；
- 单宜性，即只适宜于农、林、牧的其中一种生产；
- 不宜性，即在目前的经济技术条件下还不具备经济价值的用途，如沙漠戈壁。

对于某一种用途，土地适宜性又有最适宜、中等适宜和临界适宜的差异(表6.8)。

表6.8 土地适宜性程度的差异

用途	适宜程度	特征
农地或宜农地	最适宜	适合于多种作物生长，尤其适合经济作物和蔬菜种植，产量高，质量好。
	中等适宜	对农作物有一定限制，尤其是不利于经济作物和蔬菜发展，产量不高或质量不好。
	临界适宜	对农作物生长的限制因子增多，产量低，质量差。
林地或适林地	最适宜	适种树种广泛，生长快，产材量高。
	中等适宜	对树种有一定限制性，产材量不高或木质不好。
	临界适宜	对树种的限制性更多，更适于耐瘠薄、抗旱性强的少数树种生长，木材产量低，木质差。
牧草地或适牧地	最适宜	草地适合多种牲畜饲养，草丛茂盛，营养丰富，适口性好，产量高。
	中等适宜	草地仅适于某几种牲畜饲养。草质中等，产草量不高；或草质虽好，但产草量低；或产草量虽高，但草质低。
	临界适宜	草质差，产量很低，草场退化，载畜能力小，牲畜种类受到很大限制。

2. 土地限制性

土地限制性是指某种或某些不利因素对土地适宜性和生产潜力的抑制程度。限制性也可以看做土地质量，这种质量表示土地条件没有达到某种用途的程度。限制性是适宜性的对立面，限制性越小适宜性越大。

土地的限制性因素主要包括酷热、严寒、干旱、沥涝、风沙、盐碱、土壤侵蚀、地形坡度、裸岩、土壤质地、有效土层厚度、排水条件、水分条件、温度条件、土壤肥力、水土流失、劳动力不足和交通不便等等。不同地区土地的限制性因素不完全相同，因而作为划分土地等级的限制因

素指标在各地也不完全一致。

一地的土地限制性因素中，一些限制性因素不易改造，它们称为稳定性限制因素；另一些限制性因素可通过一定的改良措施予以改造，它们称为不稳定性限制因素。在进行土地质量评价时，应注重这两类限制性因素的分析，特别是要抓住对土地质量影响较大的稳定性限制因素，因为它是决定土地质量高低的重要依据。

3. 土地经济效益

土地经济效益是衡量土地质量高低的主要依据之一。它是指在一定的经济、技术条件下，土地所能提供的有效收益。对于农业生产，土地的经济收益既包括一定的生产水平，又包括经营投入与产出的比较。为确切地对土地进行分等评价，除了考虑现有的生产水平之外，还要考虑土地的投入和产出之比，两方面必须有机地结合起来。土地生产水平表现在一定条件下土地生产能力的大小，一般用土地产品及产量表示，如耕地单位面积产量及总产，林地木材产量及采伐量，牧地载畜量及畜产量等。为了便于比较，还可采用产值的纯收入衡量。此外，还包括生产周期的长短等等。土地的生产水平包括现有的和可能达到的两方面，因而土地的经济效益作为一个可变指标，依一定的经济、技术条件而变化。

4. 土地生态效益

在上述一般土地评价基础上，还应对土地生态效益进行补充评价。所谓生态效益是指在某种生产利用条件下土地生态系统的质量。不合理的土地利用，会导致生态系统质量的下降。说明这种土地类型对于该种用途是不适宜的，其生态效益低。有时，虽然短期内某种土地对于某种生产用途的限制因素较少，经济效益较高，但因生态系统的稳定性遭破坏，从长远看最终使限制性因素增长和经济效益下降，那么这类土地仍然是不适用的或低等的。

衡量土地生态效益的高低，可以运用生态学原理进行分析，也可以通过土地自然系统与土地利用系统的比较找出差别。例如，自然系统的生产潜力与利用系统的现实生产力的对比。前者以年干物质产量计，后者以年农作物的茎秆加籽粒的重量计，两者比较可以看出不同土地类型的生态效益差别。例如，温带湿润地区针阔混交林暗棕壤地带的自然生产力为 10 t/(hm^2 • a)，而该地带内河谷平地的水稻产量，茎秆加籽粒可达 157 t/(hm^2 • a)，远大于自然系统生产力，说明其生态效益高。但有的温带半湿润地区被开垦的沙地，每年茎秆加籽粒只有 2 t/(hm^2 • a)的产量，而当地自然系统森林草原的干物质产量可达 8～13 t/(hm^2 • a)，表明该土地利用系统生态效益很低。应该指出，上述比较必须以正常部位即显域性部位为标准。除了生产力比较外，还可以进行土地自然结构和土地利用结构的比较，分析土地利用带来的生态后果，从而确定生态效益的高低。人类社会经济活动常常由于不考虑其生态后果而破坏了生态系统的结构和功能，引起一系列与自然顺序相反的退化过程。如从固定沙地→半固定沙地→半流动沙地→流动沙地的变化。总结这种人类活动对生态条件的影响及其发展趋势，也有助于在土地评价中对生态效益的确定。

5. 区位条件

土地分等涉及土地的自然属性和土地利用现状，这两者都与土地资源所处的区位条件有关。这里所指的区位条件除指该地所处的经纬度位置、海拔高度位置、行政位置以及交通位置外，还包括该地的自然地带位置。正是因为各自然地带有不同的辐射净值、辐射干燥系数，绿色植物净第一性生产率才出现区位条件的自然差异。目前的土地评价主要以农田、林地、草地的生产率为标准，而不同地带绿色植物的净第一性生产率正是合适自然状态下的数量指标。

此外，还有人为影响下的数量指标，是指自然地带内平地、丘陵、山地的农作物多年平均产量。有了这两个指标，评定不同地带内的土地等级就有了比较客观的标准。土地资源的自然属性虽然相同，但如果一类土地位于大城市附近，而另一类土地位于离大城市很远、交通不便的山区，则这两类土地利用方式不应相同，其土地等级也不应一致。

6. 相邻性

土地资源评价既然是为了合理而充分地利用土地资源，以便既生产更多的物质财富又能有一个良好的自然环境，那么进行评价时就不能只考虑土地地段本身，必须同时考虑土地地段上下左右之间的相互影响。因为土地的特性不能单独依靠土地地段本身来了解，还要从其周围相邻地区的关系来了解。土地是开放系统，它从比它高的分水岭处获得地表水、地下水、颗粒物质及化学元素，同时又给比它位置低的部分以同样的影响。一个小河流域的上、中、下游，分水岭、斜坡、河谷平地不是孤立的个别地段，而是相互联系的整体。因此进行土地资源评价时，考虑这种上、中、下游以及分水岭、斜坡、河谷平地之间的协调关系是非常重要的。否则，虽然从局部来说，这样利用是合理的，而从整体上看则是不合理的，因为它将给下游造成不利影响。

(三) 土地评价的方法

土地被用于农业生产、城市建设或某种特定目的时，将因用途不同而产生评价指标和方法的差别。农用土地的评价是当前土地评价中涉及最多的类型。农用土地的分等主要是以土地适宜性和适宜程度，或土地的生产潜力为标准，划分适宜等级或生产潜力等级，但本质上都是表达土地质量等级的。

土地的适宜性是针对一定的土地利用方式而言的。土地利用方式在内涵上宽窄不一，宽者如适宜于农业、林业、牧业、城建、军事等，窄者如适宜于小麦、柑橘、杉木等。土地适宜性评价就是指某块土地针对这类特定利用方式是否适宜，如果适宜，其适宜程度如何，作出等级的评定。目前国际上影响最大、使用最广泛的是FAO于1976年颁布的《土地评价纲要》。

土地潜力有人称作"土地利用能力"，是指土地在用于农林牧业生产或其他利用方面的潜在能力。土地潜力评价主要依据土地的自然性质及其对土地的某种持久利用的限制程度，就土地在该种利用方面的潜在能力作出等级划分。例如就土地的农业利用而言，潜力评价的任务是依据土壤、气候、地形等要素对土地的持久农业利用的限制程度，及由这种限制程度所决定的作物的潜在生产率和耕作方式的可选择性，对土地作等级划分。

土地评价的方法既有定性方法与定量方法，又有定性与定量相结合的方法。定性方法是指以土地的自然条件和生产潜力为依据，同时考虑其社会经济，包括区位与市场条件等背景，凭借经验和知识做出的土地质量、适宜性、生产潜力及限制因素等方面的评价。这种方法一般只在研究范围比较大时应用。

在定性评价的基础上，还需进行定量评价，对自然条件和社会经济诸方面的资料进行数量化，计算不同土地利用方式下投入产出的经济指标，主要是纯收入和其他经济效益，以确定某一地块的等级，并通过比较不同土地利用方式下的投产比，考虑维持或改变其土地利用方式，以便用最小的投入获得最大的收益。常用的定量方法有：

1. 层次分析法

层次分析法(Analytic Hierarchy Process，简称AHP法)的特点是首先将一个复杂问题的各个因素划分为相互联系的有序层次，而后通过同决策者对话，比较客观地给每一层次每一个

因素以相对重要性的定量表示，确定各层次相对重要性的权值，为全面、准确、深入地分析问题创造便利条件。其关键在于建立层次结构和比较矩阵，通过计算得出结果。在土地评价中，这一方法有助于确定多目标的排序和将土地的多用途优化为某种单一用途。

2. 回归分析法

影响土地质量、适宜性或生产潜力的各种因素都是变量，这些变量相互依赖、相互制约。一部分变量之间保持函数关系；另一部分变量之间的关系则是不确定的，但存在一种可以用相关系数表示的统计关系。一个变量如何受另一个变量的影响称为回归。两变量间的依赖关系可用回归系数及回归方程表示。研究这些变量并寻求其内在规律性可预测变量的变化趋势。在只考虑一个自变量时可采用一元回归方法，如在地貌、坡度、土壤和水分条件一致的情况下，研究土壤肥力与作物产量的关系，即可建立回归模型，并以此确定土壤肥力级和宜农土地的分等。在绝大多数情况下，自变量有多个，故需采用多元线性回归方法，建立多元线性回归模型。

在土地评价中运用回归分析法(Regression Analysis)，首先应选定超过分级总和 10 倍的样地，并使诊断因子数量化和生产力指标标准化，再通过诊断因子与土地生产能力的关系确定诊断指标因子，根据土地利用现状与主要诊断因子的组合确定土地适宜类型、土地质量等级，将两者组成一个评价系统，并绘出评价图。

3. 聚类分析法

聚类分析法(Cluster Analysis)是一种多元统计分类方法，根据土地诊断指标属性的相似性(或亲疏程度)用数学方法逐步对其实行分类，最后可得到一个能反映土地质量各因素之间、因素与评价结果之间亲疏关系的分类系统。在这里，首先应寻求度量土地诊断因子的数据或指标之间相似程度的统计量，而后以统计量为依据，把相似程度大者分别聚合为不同类。

4. 多元分析法

多元分析法(Multiple Analysis)是聚类分析与判别分析的综合，分为统计聚类与判别分析两个步骤。在进行统计聚类时，首先要求建立土地质量评价的分类体系，接着将原数据进行标准化处理，而后计算相似性统计指标即距离系数，作原类谱系图，最后取阈值进行分类。在进行判别分析时，应将研究区分为若干区点，按一定方式对各点的土地质量数据进行线性组合，使之形成一个新变量即判别函数，并使类间均值差与类内均值差之比最小。在这种情况下，判别函数即能显著区分土地质量的类型，这就是“费歇准则”(Fisher Rule)。

5. 模糊数学方法

在模糊数学(Fuzzy Mathematics)中是以隶属函数来表达隶属度，而以后者刻画事物的模糊界线的。隶属函数可根据需要选取。在土地评价中，通常选取线性函数来计算隶属度。运用这种方法首先进行单项指标评价，而后取其结果计算权重系数作为综合评价的结果。

仅仅使用定性方法很难满足人们对土地评价的要求。没有定性评价作基础，定量方法难免出现某种失误。因此，在土地评价中，定性方法和定量方法常常是结合使用的，通常分为：

(1) 两段法

把评价工作划分为两个阶段：第一阶段主要通过调查，针对预定的土地利用类型进行土地定性评价；而在第二阶段进行社会经济研究，再完成土地的定量评价。

(2) 平行法

同时进行某种土地类型的社会经济和自然条件分析及评价，因而可望在较短时间内提交比较精确的成果。

(四) 土地等级系统

土地等级(或称土地潜力等级)是土地评价的最终成果,也是土地分等研究的核心部分。土地等级的数目应按评价区域的复杂程度和评价的目的要求确定。目前,通常采用的土地等级为八级制(表 6.9),从一等地到八等地,土地的适宜性及生产潜力依次减小,而限制性因素增加;等级相同的土地,其适宜性及生产潜力大致相同。

表 6.9 土地潜力分等图式

潜力等级 \ 适宜性		适宜性从多到少							
		多宜地(农、林、牧均宜)				双宜地	单宜地		不宜地
		最宜	次宜	适宜	稍宜	宜林牧	宜林	宜牧	农、林、牧均不宜
生产潜力减小	Ⅰ								
	Ⅱ								
	Ⅲ								
	Ⅳ								
	Ⅴ								
	Ⅵ								
	Ⅶ								
	Ⅷ								

一等地(Ⅰ) 土地质量好,基本上没有限制,适宜性广,宜于农、林、牧利用。

二等地(Ⅱ) 土地质量较好,适宜性广,由于某些不利因素的限制,农业利用受到一些影响,但对林、牧业利用影响不大。

三等地(Ⅲ) 土地质量中等,适宜性较广,但受到土壤、排水状况或盐渍化等的影响,农业利用时需要采取一定改良措施。

四等地(Ⅳ) 土地质量较差,适宜性受到较大限制,受地形、土壤侵蚀、土层厚度、盐渍化、水源、灌溉条件等的较大限制,勉强可利用于种植业,一般适用于林、牧业。

五等地(Ⅴ) 土地质量差,适宜性较窄,坡度较陡,侵蚀强烈,土层薄或有强度沼泽化、盐渍化,改良困难,已不宜种植业,对林业或牧业有一定限制。

六等地(Ⅵ) 海拔较高,坡度较大,适种树种少,发展牧业受到较大限制。

七等地(Ⅶ) 基岩暴露较多的山地或有稀疏牧草的戈壁、沙漠,仅能勉强供牧业利用。

八等地(Ⅷ) 不适宜农、林、牧业利用的戈壁、沙漠、冻原、冰川等。

随着人口城市化的加速和城市建设的发展,城市用地评价也已提到了日程上。任何城市都占有自然属性和区位特征均不相同的若干土地地段,在制定城市总体规划、布局、功能区划分,甚至开展某一具体建设项目之前,都会进行土地评价。

在城市土地评价时,要对城市土地进行综合分析,首先是对城市范围内小尺度地域分异规律的分析,地质地貌、水文和水文地质、土质与土壤以及小气候的差异,决定了不同土地地段具有不同的坡度、地貌破碎程度、地基承载力及工程病害等。以此为依据进行土地分等,通常可划分为四类:

(1) 良好建筑用地；

(2) 适宜建筑但需作简单工程处理的用地；

(3) 可进行建筑但需进行适当处理的用地；

(4) 不宜建筑用地。

必须指出，由于地域分异的原因，处于不同地带和不同地区的土地类型其土地的属性有较大的差别。因此不能把地域差异较大的不同区域的同等土地进行简单的对比。例如，我们不能把热带地区的一等地与温带或寒带地区的一等地等量齐观，虽然它们同是一等地，却是不同质的，其潜力等级并不相等。

因此，在广大区域内进行土地分等研究时，为了区别出各地区土地资源潜力的本质差别，既便于各地区进行土地资源潜力的对比，又不至于混淆各地区的土地潜力等级，可以在土地潜力等级之上划分一定的类区。类区既具有区划的涵义，又具有等级的涵义。一般说来，一类地区的某等地其生产潜力应大于二类地区的同等地(其余类推)(表 6.10)。但是由于耕种历史、集约程度、改造设施等社会经济因素的不同影响，也可以在不同程度上掩盖了这种类区间的差别。

表 6.10 中国土地资源自然地区划分指标

地 区	范围与界线	指 标			
		≥10 ℃积温天数	干燥度	熟 制	无霜期
一类地区(大陆南缘与岛屿)	台湾南部、广东琼雷、云南南部、南海诸岛	7500 ℃以上 320 天以上	0.5～1.0	三季稻	全年
二类地区(南岭以南)	台湾大部、福建南部、广东大部、广西大部、云南大部 南界：电白 化州-安铺-河口 允景洪-澜沧江之间的连线	6500～7500 ℃ 280～320 天	0.5～1.0	一年三熟(双季稻和冬红薯或冬小麦)	330 天左右
三类地区(江南丘陵与南岭山地)	浙江大部、福建大部、江西、安徽南部、湖南、湖北南部、四川东部、贵州与云南中、北部，广东与广西北部、西藏察隅地区、江苏南部 南界：福建 华安-焦岭-英德-怀集 梧州-来宾 百色-昆明 腾冲之间连线	5000～6500 ℃ 225～280 天	0.5～1.0	两年五熟(两季稻和冬小麦或蚕豆)	260～330 天
四类地区(钱塘江、长江以北和汉江流域)	上海、江苏大部、浙江北端、安徽大部、湖北大部、河南南部、陕西南部、甘肃南部 南界：钱塘江口-杭州 长江谷道-宜昌-大巴之间连线	4500～5000 ℃ 180～250 天	0.5～1.0	稻麦一年两熟(冬小麦、水稻、棉花)	230～260 天
五类地区(华北平原、丘陵)	辽东丘陵和辽河平原南部、天津、北京大部、河北大部、山东、山西南部、河南大部、陕西关中、江苏和安徽北部 南界：秦岭 淮河谷地	3200 或 3500～4800 ℃ 150～210 天	0.7～1.0～1.5	峡谷一年三熟一年两熟(冬小麦、棉花、玉米、杂粮等旱作)	150～220 天

续表

地区	范围与界线	指标			
		≥10 ℃积温天数	干燥度	熟制	无霜期
六类地区（黄土高原、丘陵）	山西中部、陕西北部、宁夏南部、甘肃东部、青海东北角 东南界：太行山中段-霍山-黄龙山-子午岭南端-永寿塬-陇山 南界：乌鞘岭-西宁以东-岷县连线以东	3200～3600 ℃	150～170天 1.5～2.0	两年三熟（冬小麦、秋杂粮）	145～195天
七类地区（东北）	辽宁中北部、吉林、黑龙江、河北东北部 南界：沈阳-辽西丘陵北侧-燕山北侧	3200 ℃以下 150天以下	0.5～1.2	一年一熟（南部高粱、玉米；北部春小麦、大豆）	145天以下
八类地区（南疆、河西）	塔里木盆地、河西走廊西段 北界：天山南麓-哈密-酒泉之间的连线	3200～4500 ℃ 180天左右	4以上	两年三熟、一年一熟（小麦、水稻、玉米、棉花）	约210天
九类地区（内蒙-长城以北）	内蒙东中部、河北西北部、山西北部、陕西北端 东界：海拉尔-乌兰浩特-辽宁丘陵连线 南界：辽西丘陵以西-燕山以北-五台山-长城之间的连线	2000～3200 ℃ 90～160天	1.2～2以上	一年一熟（春小麦、玉米）农牧区	180天以下
十类地区（北疆、内蒙西部、宁夏北部）	准噶尔盆地、阿尔泰山、天山、额济纳、阿拉善、河西走廊东段、宁夏北部 东南界：苏尼特右旗以西-桌子山以东-定边-乌鞘岭-祁连山北麓-酒泉之间连线	2700～3500 ℃ 135～170天	2～4	一年一熟（春小麦、水稻、棉花），以牧为主的农牧区	180天以下

1. 中国土地评价系统

中国最有影响的土地资源评价系统是由中国科学院自然资源综合考察委员会主持制定的《中国1∶100万土地资源图》土地资源分类系统。该系统采用土地潜力区(land potential area)、土地适宜类(land suitable type)、土地质量等(land quality rank)、土地限制型(land limited type)和土地资源单位(land resources unit)等五级制。

(1) 土地潜力区

土地潜力区是土地资源分类系统的“0”级单位，它的划分是以气候的水热条件为依据，反映区域之间生产力的差别。在同一类内应具有相同的土地生产能力，包括宜适的农作物、牧草、树木的种类、组成、熟制和产量，以及土地利用的主要方向和主要措施。根据气候特点，可以把中国划分为华南、四川盆地-长江中下游区、云贵高原区、华北-辽南区、黄土高原区、东北区、内蒙古半干旱区、西北干旱区和青藏高原区9个土地潜力区。

(2) 土地适宜类

在土地潜力区范围内，根据土地对农、林、牧业生产的适宜性，划分为8个土地适宜类：宜农土地类、宜农宜林宜牧土地类、宜农宜林土地类、宜农宜牧土地类、宜林宜牧土地类、宜林土

地类、宜牧土地类和不宜农林牧土地类。

(3) 土地质量等

在土地适宜类范围内，按对农林牧业适宜程度和质量的高低，将每个适宜类都划分为3个质量等：即一等宜农土地，二等宜农土地，三等宜农土地；一等宜林土地，二等宜林土地，三等宜林土地；一等宜牧土地，二等宜牧土地，三等宜牧土地。多宜土地按农林牧土地质量与进行排列组合。

(4) 土地限制型

在土地质量等的范围内，按对农林牧的限制因素及其强度划分为10个限制型：无限制、水文及排水条件限制、土壤盐渍化限制、有效土层厚度限制、土壤质地限制、土壤裸露限制、地形坡度限制、土壤侵蚀限制、水分限制与温度限制。

(5) 土地资源单位

土地资源单位是作为制图单位和评价对象用的，土地资源单位的数量，根据土地资源评价的需要而定，不作原则规定。由于已有土地类型单位代替土地资源单位，土地评价的基层单位得以确定，于是可以此为基础，自下而上地鉴别各土地单位在上面4个层次中的归属。

无论任何地区，一等地的生产潜力最大，适宜性最广，限制性因素极少；八等地则为不能利用的土地，从一等到八等，生产潜力适宜性逐渐降低，而限制性因素和强度则逐渐增加。

2. 美国土地评价系统

美国农业部的土地潜力分级，在西方国家有一定影响，它们提出土地潜力分级的3个等级：潜力级(capability class)、潜力亚级(capability subclass)和潜力单位(capability unit)。

(1) 潜力级

潜力级是潜力分类中的最高等级。美国把所有土地划分为8个潜力级，用罗马数字表示。从Ⅰ～Ⅷ级，土地在利用时受到的限制与破坏是逐级增强的。其中Ⅰ～Ⅳ级土地在良好管理下，可生产适宜的作物，例如树木或牧草以及一般农作物和饲料作物；Ⅴ～Ⅶ级土地一般不宜农用，而Ⅴ、Ⅵ级中的某些土地，可生产水果，观赏植物等特种作物，在大力加强包括水土保持措施在内的高度精细经营条件下，还能栽培大田作物和蔬菜；Ⅷ级土地若缺乏重大改造措施，则经营农作物、牧草或树木就会得不偿失。Ⅰ级是各种利用都适宜的土地，Ⅱ级是减掉一种利用方式，以后各土地潜力级依次减去一种利用方式，但Ⅶ级和Ⅷ级例外，Ⅷ级仅适用作为野生动物的栖息场地。

(2) 潜力亚级

潜力亚级是在潜力内部划分的，是具有相同限制性因素与危险性(侵蚀、潮湿、根系层、气候)的潜力单位组合，四种普遍的限制因素和危险因素是：侵蚀危险性(e)、潮湿(w)、根系层(s)、气候(c)。亚级的表示方法是在罗马字后加注1～2个小写字母，如Ⅳwe。

(3) 潜力单位

潜力单位是指在作物或饲料作物的一般经营制度下具有大致相同效应的土地组合，同一潜力单位中的任何土地，适种相同的农作物和饲料作物，要求采取相同的经营制度，并且适宜作物的常年产量变率不会超过25%。

3. 诊断指标

英美等国学者主张在进行土地评价时，严格区分土地特征(land characteristics)、土地质量(land quality)和诊断指标(diagnosis index)三者的涵义。

（1）土地特征

土地特征是指土地的可进行定量评价的特征，如坡度、降水量、土壤有效水量、植物生物产量、土壤机械组成等。

（2）土地质量

土地质量是指针对土地用途而影响土地实用性的属性，实用性是依目的而不同的。如用于农业，主要是指水文的有效量、根系层所含氧气有效量、发芽条件、根系的立足条件、N-P-K营养物的有效性、耕作、pH、土壤有效物质含量、土壤抗蚀性质、与土地有关的病虫害、土壤温度、光照长短、气候和水文灾害、空气温度、作物成熟时的干、湿状况等，在农业上评定土地质量的总指标为物质产量。

在用于畜牧时，需要考虑的属性是气候灾害、病虫害、牧草营养价值、毒草情况、放牧条件下植被的抗退化性能、土壤的抗蚀性能，以及供水条件——有水草场还是无水草场，总的质量指标是畜牧产量。

在用于林业时需要考虑树木的种类和数量、幼树生长条件、病虫害、火灾条件等，总指标是材积累/年。

有关经营管理的土地质量指标属性是：影响机械化的地貌因素如坡度、地貌起伏、地块的破碎程度；影响对外交通的地貌和土壤条件——这对商品生产是重要的；影响管理规模的条件，主要是地貌条件；以及区位特点，影响市场和生产资料的供应。

（3）诊断指标

诊断指标是指以上的土地特征或土地质量中对于确定土地分等标准有意义的部分，例如坡度、水侵蚀、风蚀、有效土层、障碍土层、土壤质地、土壤肥力、pH、盐碱化和改良条件、地表积水、沼泽化程度、水源保证率等（表6.11），各项指标都要求分级。

表6.11　土地分等诊断指标评级表

评　级	0	1	2	3	4	5
坡度(p)	<3°	3～5°	5～15°	15～25°	25～35°	>35°
水侵蚀(e)	不明显	轻度面蚀（3～5°），有少量纹沟	中度面蚀（5～10°），有少量纹沟	强度面蚀（10～20°），有少量切沟	强度面蚀（20～30°），切沟较密，少量冲沟，植被覆盖度10%～30%	极强度面蚀（>30°），有大量切沟，植被覆盖度<10%
风蚀(v)	不明显	轻度风蚀，有沙纹	中度风蚀	植物根出露	强度风蚀，出现沙垅	极强度风蚀，出现砾垅
有效土层(d)	>50 cm	>50 cm	30～50 cm	10～30 cm	<30 cm	
障碍土层(i)	无	>50 cm	50～40 cm	40～30 cm	30～20 cm 20～10 cm	<10 cm
土壤质地(t)	壤质	壤质	偏粘或偏沙	粘土、沙土或含砾量较高	粘土、沙土或含砾量高	砾质、裸露基岩20%～50% 砾质、裸露基岩>50%

续表

评 级	0	1	2	3	4	5
土壤肥力(g)	高	较高	中等	较低	低	
土壤酸碱度(a)	pH 6.0	6.0～7.5	4.5～6.0	7.5～8.5	>8.5或<4.5	
盐碱化及改良条件(s)	无	轻度,30cm土层平均含盐量<0.3%,需农业技术改良	中度,30 cm土层平均含盐量0.3%～0.5%,需采取农业技术措施	强度,30 cm土层平均含盐量0.5%～1.0%,需水利改良措施	盐碱地30cm,土层平均含盐量>1.0%,目前可以改良	盐碱地30cm,土层平均含盐量>1.0%,暂时不能改良
地表积水(t)	无	季节积水	每年季节积水	全年地面积水		
沼泽化程度(h)	潜育层距地面>60cm	轻度 40～60cm	中度 20～40cm	强度 <20cm		
水源保证率(w)	有稳定保证	有一般保证	水源不足,保证率低	水源严重不足		

6.6 土地结构

在土地类型调查与制图结束之前,有一个步骤就是要作面积量算,目的就是为了了解制图区内各种土地类型的结构比例。一定的相结构构成限区,限区结构构成地方,地方结构构成景观,这种结构称为土地单位内部结构。此外,土地单位还有时间演替结构。

(一) 土地类型结构

土地类型结构(land type structure),简称土地结构,是指在一个区域内,各种土地类型在质和量上的对比关系,以及它们组合而成的一定格局或图式。所谓质的对比关系是指有哪种种类的土地类型及其组合关系,所谓量的对比关系是指各种土地类型所占的面积比例,如"七山二水一分田"。

土地结构包括空间结构、数量结构和时间演替结构等。此处主要介绍前两者,时间演替结构将在下节介绍。

1. 土地空间结构

土地空间结构是指某个区域内,各类土地的空间位置及彼此间组合而形成的一定格局。土地结构往往具有明显的地域差异。平原地区土地空间结构往往不甚明显,在丘陵山区,由于受地形和水系切割的影响,土地空间结构则比较鲜明,常可根据地形和水系的排列形式加以识别或判断,有如带状结构、环状结构、扇形结构和树枝状结构等。

2. 土地类型数量结构

土地类型数量结构是指某个区域包含哪些土地类型,它们各占多少面积比例。由此可见,土地数量结构实际是指土地类型在质和量上的对比关系。例如有时人们提到某个地区是"七

山一水二分田”,就是这种质和量的对比关系,其中山、水、田是土地类型的“质”,而七、一、二是土地类型的“量”,即面积比例。

数量结构统计方法有以下几种:

(1) 多度

表示某种土地在区域内的相对个体数。可以定量地表示出土地类型在区域内的分布状况,是合理配置适宜于该土地类型的利用方式的依据。计算公式是:

$$(\text{某种土地类型的})\text{多度}=\frac{\text{该种土地类型的个体数}}{\text{该区域全部土地类型的个体数}}\times 100\%$$

(2) 频度

表示某种土地在区域内出现的频率。可以定量地表示土地类型在区域内的分布均匀程度,也是合理配置适宜于该类土地的利用方式的依据。计算公式是:

$$(\text{某种土地类型的})\text{频度}=\frac{\text{该种土地类型在样方内出现的次数}}{\text{该区域内的样方数}}\times 100\%$$

(3) 面积比

各土地类型的面积占区域样区的总面积的百分比。面积比精确地表示土地类型在区域内的相对数量,是决定是否在该种土地上建立商品生产基地和确定土地适度经营规模的依据。计算公式是:

$$(\text{某种土地类型的})\text{面积比}=\frac{\text{该种土地类型的面积}}{\text{区域土地总面积}}\times 100\%$$

(4) 重要值

多度与面积比的综合表示。可以定量地表示土地类型对区域的重要程度,是确定区域土地利用专业化方向的重要依据。计算公式是:

$$(\text{某种土地类型的})\text{重要值}=\text{该种土地类型的多度}+\text{该种土地类型的面积比}$$

(5) 复杂度

表示一定区域内土地类型在高一级区域内的相对复杂程度或多样化程度。复杂度是确定区域土地利用方式多样化的重要指标。计算公式是:

$$(\text{区域土地类型的})\text{复杂度}=\frac{\text{区域内土地类型数}/\text{该区土地面积}}{\text{高一级区域内土地类型数}/\text{该同一级区域土地面积}}\times 100\%$$

(6) 区位指数

表示区域内某种土地的区际意义。区位指数若为正值,则表示该种土地有区际意义;反之,则说明不具备区际意义。区位指数也是确定区域土地利用专门化方向和配置商品生产基地的依据。计算公式是:

$$(\text{某种土地类型的})\text{区位指数}=\text{该种土地类型在区域内的面积比}-\text{该种土地类型在高一级区域内的面积比}$$

(二) 研究意义

土地结构的研究对大农业生产布局有重要意义。一个地区的大农业生产构成主要取决于该区的水热条件和土地结构。水热条件决定了大农业生产构成的方向,而土地结构则使大农

业生产构成方向更加具体化。更进一步说，一定的水热条件有其最适宜发展的作物组合，最适宜饲养的牲畜种类及其品种组合，等等。据此可大致确定专门化生产的发展方向。然而，由于在相同的水热条件下，存在多种不同的土地类型，而不同的土地类型又适宜于不同的生产门类，所以水热条件和土地结构的结合可更好地确定一个地区具体的大农业生产构成。一般说来，平原地区土地结构比较单一，常形成比较集中的专门化生产，而在地貌变化较大的丘陵山区，土地结构复杂，大农业生产不易形成集中优势，可进行具有一定农业构成的专门化趋势的综合发展。

土地结构对大农业各门类的内部构成也有一定影响。例如，适于耕作业的土地类型的面积比例较大，耕作业在大农业中的比重也大；适于牧业的土地类型面积比例较大，牧业生产在大农业构成中的比例也大。此外，土地结构对土地利用方式、作物和牲畜种类、农田水利措施和田间工程种类、农业机械配套等也有一定的制约和影响。

6.7 土地类型的演替与生态设计

(一) 土地类型的演替

由于土地与环境之间不断地进行着物质、能量的交换，或由于土地不断受到人类活动的改造，各种土地上都发生着特有的时间演替过程。然而物质能量交换或人为干扰的强度在不同地段会有差别，于是同种土地的演替可能不同步，在一定地区内就会同时存在处于同一时间演替过程中不同阶段的土地类型，可以把它们按照演替的时间顺序联系起来，再现土地演替过程，这就是土地的时间演替结构，研究其有助于预测土地动态，确定合理、持续的土地利用方式，主动地促进土地进入良性循环，防止土地退化和破坏，进行土地生态设计。

土地类型的演替(succession of land classification)是指在一定时段内，一种土地类型向另一种土地类型转化的过程。研究土地类型演替，就是要阐明土地类型演化的规律及其原因，在不违背自然规律的前提下施加人为影响，排除和防止土地类型的退化性演替，促进其进化性演替。

1. 按照演替性质

从演替性质上可分为时间演替(temporal succession)和空间演替(spatial succession)。土地类型的时间演替是指发生在同一地段、不同性质的土地类型沿时间序列的有规律更替。土地类型空间演替是指沿着一定的方向各种性质不同的土地类型呈现有规律的更替，通常包括水平演替和垂直演替两类，它们分别受土地类型的形成因素尤其是主导因素的水平或垂直变化规律的制约。实际上，土地类型的时间演替和空间演替是密不可分的两个方面。

2. 按照演替原因

从演替原因可分为自然演替(natural succession)和人为演替(artificial succession)。土地类型的自然演替，是在自然状态下的演替。一般来说，同一土地大类内的显域性土地类型具有相同的自然演替模式，并最终达到同一顶级类型。当然，土地类型自然演替达到顶级类型时，并不是说演替就此结束，在特定的情况下，顶级型土地类型也可能会瓦解而开始新的演替。此外，大范围的气候变动、构造运动、滑坡、崩塌、侵蚀等自然因素的干扰，也会导致土地类型的自然演替过程发展中断，甚至短期的反向演替。土地类型的人为演替是指在受到人为因素的干

预下发生的演替。这种演替经常表现在以下3个方面：

(1) 改变土地类型的要素结构，如增加或改善土地类型的植被覆盖；

(2) 增加或减少土地系统物质和能量的输入和输出，如自觉地进行施肥、灌溉和管理措施，促使土地类型向高功能的类型演替；

(3) 改变土地类型的环境条件和空间组合结构，如山坡毁林开荒，造成水土流失，直接破坏了土地的稳定性，导致土地生态条件恶化，土地类型向低功能类型演替。

3. 按照演替方向

从演替方向来说，有正向演替(positive succession)和逆向演替(retrorse succession)。土地类型的正向演替又称顺向演替或进化性演替，是指在顺应自然规律和合理开发利用土地的情况下，土地类型向维持生态平衡方向发展的一种良性演化，这种演化有利于土地资源的可持续利用；土地类型的逆向演替又称退化性演替，是指不合理开发利用土地，造成土地类型向破坏生态平衡方向发展的一种退化性演化，表现为土地质量退化，土地结构与功能变得愈益简单，土地生产力逐渐下降。

4. 按照演替过程

从演化过程来看，既有节律性演替(rhythmed succession)，又有非节律性演替(rhythmless succession)。节律性演替又称周期性演替，是一种正常进行的土地类型演替过程，如撂荒地的演替，森林砍伐以后恢复到原来状况的演替。非节律性演替即非周期性演替，如由于人类的经济活动或自然灾害引起的灾难性土地类型的演替，它可能引起土地类型的形态和属性产生彻底的变化或土地自然生产力的完全丧失。例如，洪水冲垮了的坝地，其土地类型的演替即属于非节律性演替。

(二) 土地的生态设计

1. 土地生态设计概念

在研究土地类型结构和演替规律的基础上，根据景观生态学原理，从促进土地向正向演替的角度出发，建立由人工调控的自然、社会和经济复合的土地生态系统，并在其运转过程中使自然结构、社会结构和经济结构相互促进，从而可合理地不断地从土地取得更多的物质财富，这就是土地生态设计(land eco-design)的涵义。

在进行土地生态设计之前，要将土地的自然结构和现状土地利用结构进行比较，以便阐明土地自然结构与功能和现状土地利用结构是否适应，即目前的土地利用是否合理，借以总结经验，找出弊端。

2. 土地生态设计案例

案例一 珠江三角洲的水网洼地，经过相应的地貌改造，形成了“基田”和池塘两种土地类型重复出现的组合结构，当地群众采用“桑基鱼塘”、“蔗基鱼塘”、“果基鱼塘”等土地利用方式，即“基田”上种桑、甘蔗、果树，塘内养鱼，构成了一种独特和高效的土地利用结构。事实证明，这种土地利用结构与自然土地结构是适应的，是符合生态系统原理的。

案例二 吉林龙井县的果树农场，在350 m以上的丘陵顶部种植针阔混交林，250～350 m的坡地上种植苹果，250 m以下的台地上为旱地，水源条件好的河谷平地种植水稻。这种土地利用结构虽然部分地改变了原来针阔混交林生态系统，但其总生产能力比自然生态系统的生产能力高，原因是建立土地利用结构时充分考虑了丘陵顶部、坡地、台地、河谷平地这些土地类

型的不同属性及它们之间的组合结构，考虑了斜坡上的上、中、下部或小流域的上、中、下游以及河流右左岸的相互影响。

目前，土地生态设计的理论和方法还不成熟，但这是一个很有发展前途的研究领域，尤其是随着景观生态规划设计的兴起，将为土地生态设计注入新的活力。

复习思考题

6.1 简述土地的概念，其内涵包括哪些内容？

6.2 土地科学研究范畴主要包括哪些内容？

6.3 相、限区、地方的概念和基本特征是什么？

6.4 什么是土地分级、土地分类和土地分等？它们的区别和联系是什么？

6.5 试述土地与土壤、生态系统的区别和联系。

6.6 什么是土地适宜性与限制性？

6.7 土地类型制图的主要工作程序及其各阶段的主要工作是什么？

6.8 简述土地类型调查与制图中综合剖面分析的内容及意义。

6.9 中国 1∶100 万土地资源图的分等系统是什么？

6.10 何谓土地结构？其实践意义是什么？

6.11 何谓土地类型的演替？

6.12 论述空间地理规律、自然区划理论与土地类型学间的关系。

第7章　土地变化科学

随着人口数量的急剧增加和科学技术水平的飞速发展，人类活动正深刻地改变着自然地理环境，土地利用(land use)是这种作用的主要形式，而其直接结果是地表覆被状况的改变，见 Turner Ⅱ(特纳) *et al*，1990。目前，人类面临的许多环境问题都与土地变化有关，如大气中温室气体增加、臭氧层破坏、土地荒漠化、生物多样性丧失、森林减少等，对人类社会的生存和发展构成了极大的威胁。过去150年来，土地覆被变化所引起的向大气层排放的二氧化碳量，与工业发展过程中化石燃料使用的结果相当，因此土地变化是全球气候变化的重要动因；另一方面，全球气候变化又影响土地利用从而改变土地覆被，例如全球变暖将导致某些地区土地利用方式、耕作制度的改变和土地荒漠化。可见，土地变化在全球环境变化中具有极其重要的意义，可以说是当前全球变化的主要原因。土地变化研究是全球变化研究的重要领域(Turner Ⅱ *et al*, 1995)，也是自然与人文过程交叉最密切的问题。

目前，以土地利用/覆被变化研究为中心，国际、国内比较关注的还有生态环境效应研究、土地质量指标体系研究以及土地可持续利用研究等。进入21世纪后，这种研究发展成一种新的科学范式，即"土地变化科学"(Land Change Science，简称 LCS)。

7.1　土地利用/覆被变化研究计划

(一) 土地利用与土地覆被的概念

土地利用(land use)和土地覆被(land cover)是两个既有密切联系又有本质区别的重要概念。土地利用是指人类根据土地的自然属性和社会经济发展的需要，有目的地长期改造、开发和利用土地资源的一切人类活动，如农业用地、工业用地、交通用地、居住用地等都是土地利用的概念；而土地覆被则是随遥感(Remote Sensing，简称 RS)技术的应用而出现的新概念，IGBP 和 IHDP 将其定义为"地球陆地表层和近地面层的自然状态，是自然过程和人类活动共同作用的结果"；美国"全球环境变化委员会"(USSGCR)将其定义为"覆被着地球表面的植被及其他特质"。例如，与前面所述各种用地相关的物质现状包括各类作物、土壤、冰川、水面、森林、草地、房屋、水泥及沥青路面等均为土地覆被的概念。

在很多情况下，土地利用和土地覆被所指的对象是相同的，因而这两个概念容易混淆。例如，对于同一片草地或作物，不考虑其目的和用途而仅将其看做植被时，它是土地覆被；若考虑其用于放牧或粮食生产等用途时，它就是相应的土地利用类型。

(二) 土地利用与土地覆被的关系

通常认为，土地利用是土地覆被变化最重要的影响因素，土地覆被的变化反过来又作用于土地利用。土地利用与土地覆被的密切关系，可以理解成事物的两个方面：一个是发生在地球表面的过程；另一个则是各种地表过程(包括土地利用)的产物。无论是在全球的尺度还是

国家或者区域的尺度上，土地利用的变化在不断地导致土地覆被的加速变化。

土地利用变化导致的土地覆被状况变化主要有渐变(modification)和转换(conversion)两种类型。渐变是指同一种土地覆被类型内部条件的变化，如对森林进行疏伐，或农田施肥等；转换则是指一种覆被类型转变为另一种覆被类型，如森林变为农田或草地等。此外，维护(maintenance)，即让土地覆被保持一定的状态，也是人类活动影响土地覆被的一种形式。

土地利用与土地覆被的关系如图7.1所示。土地覆被(自然系统)处于土地利用及其驱动力组成的系统关系中。驱动力在不同社会条件下的相互作用产生了不同的土地利用，土地利用对土地覆被的影响则通过土地覆被的渐变、转换或维护表现出来。土地覆被变化又通过环境影响反馈回路影响到土地利用变化的驱动力。另一方面，土地覆被变化的影响经过累积作用可以达到全球规模，继而加速气候变化，而气候变化的结果又反馈回由土地覆被构成的自然系统，并且最终通过环境影响回路对驱动力发生作用。

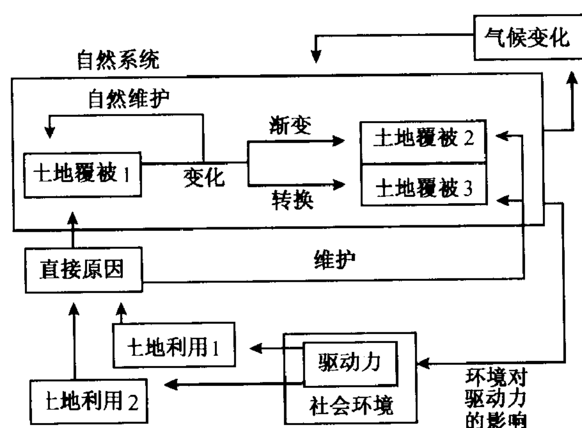


图7.1 人类活动、土地利用和土地覆被之间的联系

由于土地利用与土地覆被之间存在着密不可分的关系，所以人们常把两者联系在一起，称为“土地利用/覆被变化”(简称LUCC)，并且对于它们所产生的广泛影响给予越来越多的关注。

(三) 土地利用/覆被变化研究计划

在全球环境变化研究中，LUCC研究具有特殊的重要意义：一方面为气候变化的全球和区域模式以及陆地生态系统模式提供情景；另一方面，有助于解释人地系统相互作用的内在机制。正因如此，1990年以来，隶属于“国际科学联盟组织”(ICSU)的“全球地圈与生物圈计划”(简称IGBP)和隶属于“国际社会科学联盟组织”(ISSC)的“全球环境变化人文计划”(简称IHDP)积极筹划这一全球性的综合性研究计划，于1995年联合发起“土地利用/覆被变化”(LUCC)研究，并编辑出版了LUCC项目的《科学研究计划》。

两大国际组织之所以积极推动这方面的工作，其原因有以下两方面：

(1) LUCC在全球环境变化和可持续发展中占有重要的地位。人类通过对与土地有关的自然资源的利用活动，改变地球陆地表面的覆被状况，其环境影响不只局限于当地，而远至于，

全球，而土地覆被变化对区域水循环、环境质量、生物多样性及陆地生态系统的生产力和适应能力的影响则更为深刻。

(2) 地球系统科学、全球环境变化及可持续发展涉及到自然和人文多方面的问题，在这方面加强自然科学与社会科学的综合研究，已成为两大学科领域众多学者的共识。在全球环境变化问题中，土地利用/土地覆被变化可以说是自然与人文过程交叉最为密切的问题。

此后，LUCC研究在国际上普遍展开，并成为目前全球变化研究的前沿和热点课题，也正在成为公众和管理决策者的关注焦点。由于LUCC的《科学研究计划》设计的研究目标偏重于为气候变化和其他系统性全球变化研究提供情景的目的，国际上的相关研究项目也主要集中在不同时点土地覆被制图和对热带雨林的研究上。20世纪90年代末，IGBP开始讨论第二个10年发展战略，全球变化研究与可持续发展问题的联系成为其主要议题。与此相应，IGBP/IHDP-LUCC科学指导委员会在其1999年出版的LUCC项目《执行战略》中，指出综合性和区域性是LUCC研究的两大突出特征，并强调了LUCC研究必须与区域可持续发展问题相联系，如水资源、土地退化、环境污染、贫困以及区域自然地理环境和社会在全球变化压力下的脆弱性等问题，见Lambin(拉宾) *et al*，1999。

7.2 土地利用/覆被变化研究内容

(一) 土地利用/覆被变化研究的重点

IGBP和IHDP在1995年共同拟定的LUCC《科学研究计划》中，提出了3个研究重点：

(1) 土地利用变化的机制

通过区域性个例的比较研究，分析影响土地使用者或管理者改变土地利用和管理方式的自然和社会经济方面的主要驱动因子，建立区域性土地利用/覆被变化的经验模型。

(2) 土地覆被变化的机制

主要通过遥感图像分析，了解过去20年内土地覆被的空间变化过程，并将其与驱动因子联系起来，建立解释土地覆被时空变化和推断未来10～20年土地覆被变化的经验诊断模型。

(3) 建立区域和全球尺度的模型

建立宏观尺度的，包括与土地利用有关的各经济部门在内的土地利用-土地覆被变化动态模型，根据驱动因子的变化来推断土地覆被未来(50～100年)的变化趋势，为制定相应对策和全球环境变化研究任务提供可靠的科学依据。

1999年，IGBP和IHDP又发表了LUCC《执行战略》，提到今后的研究主题有：土地覆被变化的格局，土地利用变化的过程，LUCC的人类响应，全球和区域的综合模型，陆地表面、生物自然过程及其驱动机制数据库的开发。

(二) 土地利用/覆被变化的主要科学问题和研究焦点

1. 土地利用/覆被变化的主要科学问题

LUCC是一个跨学科领域的研究课题。从宏观上，LUCC研究在于更好地理解与不断地认识不同时间与空间尺度上土地利用/覆被的相互作用及其变化，包括LUCC的过程、机理及

其对人类社会经济与环境所产生的一系列影响，为全球、国家或区域的可持续发展战略提供决策依据。IGBP 与 IHDP 的 LUCC《执行战略》指出，LUCC 研究应具体回答以下与人类的生存与发展密切相关的科学问题：

(1) 近 300 年来土地覆被是如何受人类的影响而发生变化的？

(2) 在不同的地区与不同的历史时期内土地覆被的变化主要受哪些人为因素的影响？

(3) 近 50～100 年来土地利用的变化是怎样影响到土地覆被及其变化的？

(4) 对于某一特定的土地利用类型来说，近期内有哪些人为因素或者自然环境要素的变化影响到土地利用的可持续性？

(5) 气候与地球生物化学圈层的变化是怎样影响到土地利用/覆被及其变化的？

(6) 土地利用/覆被的变化又是怎样反过来影响着人类的行为的？土地覆被的变化如何导致或者加剧了某些特定区域的脆弱性？

要回答问题(1)、(2)、(3)、(5)，必须进行 LUCC 的预测，并探讨 LUCC 和全球变化的相互作用关系；问题(4)、(6)则涉及到 LUCC 与人类自身的密切关系，与当今人类所面临的一系列有关可持续发展的问题密切相关。况且，LUCC 的研究并不仅仅是为了回答上述这些问题，而且必须探讨有效地解决这些问题的方法、机制或者途径。

2. 土地利用/覆被变化的研究焦点

根据上述 6 个科学问题，IGBP 与 IHDP 提出了 3 个连锁研究焦点(表 7.1)。

表 7.1 土地利用/覆被变化研究焦点

焦 点	焦点 1	焦点 2	焦点 3
	土地利用变化机制	土地覆被变化机制	区域和全球模型
研究方法	比较分析	实地调研和诊断模型	综合分析与评价
实施策略	通过案例研究，在全球范围内，对标准化研究区域的土地利用变化和土地管理，进行分析和建模。	通过对解释变量的直接观察和测量，开发土地覆被的经验诊断模型。	利用对研究焦点之一和之二的分析，发展区域或全球的整合和诊断模型。
具体内容	● 土地利用行为与决策； ● 从过程到格局：将当地土地利用决策与区域和全球过程联系起来，以研究在此过程下的土地利用格局； ● 持续性和脆弱性情景。	● 土地覆被变化指标体系、热点和关键区域研究； ● 社会化象元：把每个研究单元赋予社会属性； ● 从格局到过程：从区域 LUCC 时空特点的分析出发，再通过案例研究，来探讨所观测土地格局在不同尺度下的潜在过程。	● 区域模拟研究的回顾、总结与对比； ● 区域 LUCC 模型建立的方法论问题； ● LUCC 及其关联系统的动态； ● 重大环境问题的情景*分析(scenario analysis)与评价。

* 由于驱动未来土地利用变化的主要因子，如人口、区域需求、政策等含有很大的不确定性，因此有必要清楚地定义一些未来区域发展的“情景”。这样，通过模型可以分析评估 LUCC 的可能范围，以及对区域环境的可能影响。

(三) 土地利用/覆被变化研究的关键性内容

土地利用是土地覆被变化最重要的影响因素,土地覆被的变化反过来又作用于土地利用。土地覆被的变化表现在生物多样性、土壤质量、地表径流和侵蚀沉积及实际和潜在的土地第一性生产力等方面。全球环境变化委员会(USSGCR)将其与气候变化、季节性和年际气候波动以及臭氧层耗损并列为影响地球生命支撑系统的全球四大环境变化之一。另一方面,作为地圈与大气圈的界面,土地覆被及其变化是地圈、生物圈和大气圈中多数物质循环和能量转换过程,包括温室气体的释放和水循环的源汇。因此,国际上有关研究项目主要围绕 LUCC 以及全球环境变化与可持续发展的关系展开,内容包括:

1. 土地覆被变化对全球环境变化的影响

主要回答土地利用如何通过改变土地覆被影响全球环境变化。全球变化包括系统性变化(systematic change)和累积性变化(cumulative change)两种形式。系统性变化是指地球系统中显著的全球性变化,如大气组成、土地覆被格局、气候波动和碳循环变化等;累积性变化则是指大量小范围变化所产生的影响积累造成的区域性变化,但其累积效果影响到全球性的环境现象,如植被破坏、生物多样性损失及土壤侵蚀等。LUCC 对全球变化的影响主要是通过累积性方式发生作用的。例如,小范围土地利用变化对于地球系统的主要性质来说似乎可以忽略不计,然而这样的变化并不是偶然或孤立发生的,而是在时间和空间上不断地重复出现,从而通过累积效应产生全球影响。森林砍伐、化肥的施用,以及城市的扩大等都具有这样的性质。土地覆被变化对系统性全球环境变化影响的研究包括:温室气体的净释放效应、大气下垫面反照率的变化等等;对累积性变化影响的研究包括:土地退化、生物多样性、流域水平衡、水质和水环境、河流泥沙及海洋生态系统等方面(李秀彬,1996)。

2. 全球环境变化对土地覆被变化的影响

主要研究全球气候变化对土地利用/覆被的影响,以及土地利用/覆被对全球气候变化的响应。气候变化对土地利用/覆被的影响包括通过气温和降水波动造成的直接影响以及通过干旱、洪水、土地退化产生的间接影响,土地利用/覆被对气候变化的响应包括土地对气候变化的敏感性、对气候变化具有减缓作用的土地利用等。各种土地利用方式对气候波动的敏感性差异很大,如旱作农业比灌溉农业脆弱得多。这方面研究主要通过各种环境条件假设的模型模拟进行。

3. 土地利用/覆被变化和可持续发展

由于陆地和海洋生态系统的土地、水、食物及纤维等资源的丰缺都会受到 LUCC 的直接或间接影响,因此世界环境和发展大会所提出的许多可持续发展问题均和 LUCC 有关,包括土壤利用与侵蚀速率、土壤养分保持、水资源利用、农业生态潜力和承载力、农村规划、环境与发展、国内与国际政策等。这方面的研究主要着眼于:

(1) 协调各经济部门对土地的利用,保护那些对人类未来发展至关重要的土地利用方式和土地覆被类型,如耕地和湿地的保护。

(2) 探索有利于生态和环境的土地利用方式,如免耕和少耕农业、生态农业以及复合农林业等。

(3) 现状土地利用方式的可持续性及其调控,如河北平原地下水位降低的主要原因是耕作制度的变化,这就涉及到土地利用方式本身的可持续性。

(四) 土地利用/覆被变化研究认识的发展和研究内容概括

1. 土地利用/覆被变化研究认识的发展

LUCC 研究的对象极其复杂。土地利用方式多种多样,土地覆被变化的现象形形色色,两者存在复杂的交互作用关系。随着 LUCC 研究计划的深入开展,人们对 LUCC 的认识也有了显著的发展(表 7.2)。

表 7.2 关于 LUCC 认识的进展*

过 去	现 在
仅关注土地覆被转换	也关注土地覆被退化和土地覆被改良
多关注热带雨林类型	关注所有土地覆被类型,包括草地、疏林、城郊、湿地等
认为变化历史简单	认识到变化受几千年人类的复杂活动影响
认为变化是单向连续的	认识到变化沿复杂且可逆的轨道,土地覆被处于一种不断变迁的状态
根据同质空间来研究	认识到空间具有高度异质性,景观破碎化随处可见
多归因于人口增长	也归因到人们对经济机会和政策变化的响应,并伴随生物-自然和社会-经济的突发事件
多认为变化是地方性的	认识到变化可被遥远的城市中心影响,随强烈的本土化和全球化相互作用而被全球化增强或削弱
多归因于农业的扩展	认识到对压力和机会更为常见的响应是土地利用的集约化和多样化
多关注对碳循环的影响	也关注对人类健康、生物多样性、日照反射率、水循环、碳排放、甲烷排放、氮氧化物排放等的影响
认识到影响取决于生物-自然变化的大小	认识到影响更取决于人自身和地方响应能力
所关注的地区不甚集中	聚焦于变化的"热点"地区

* Lambin *et al*, 2001;蔡运龙,2001

2. 土地利用/覆被变化研究内容概括

大量的 LUCC 研究工作可以总结为监测(detection)、解释(explanation)和效应(impact)三方面。

LUCC 的监测研究,主要内容是采用各种方法对区域或全球的土地利用、土地覆被及其变化进行分类、监测、制图及其统计分析,研究地球陆地表层景观和功能的变化。

LUCC 的解释研究,则是通过采用各种模型和分析方法,对区域或全球的社会、经济因子进行筛选,分析造成土地利用和土地覆被变化的动力和阻力因子及其作用机制。

LUCC 的效应研究,包括土地利用和土地覆被变化的资源、环境和生态效应研究。在过去的 10 年里,人们的注意力和大部分的工作都集中在 LUCC 的监测和动力学机制研究,而 LUCC 研究的最终目的——效应研究则处于相对初始阶段。

(五) 土地利用/覆被变化指数

目前,有人借用景观格局指数来进行 LUCC 研究。这里主要介绍 LUCC 研究专用指数:土地利用变化量、土地利用变化率、土地利用相对变化率、土地利用相对变化度等,各指数数学

表达及内涵如表 7.3。

表 7.3　土地利用/覆被变化指数

指　标	数学表达*	LUCC 涵义
土地利用变化量(B)	$B=K_b-K_a$	B 表示某特定土地利用类型在研究时段内的变化
土地利用变化率(R)	$R=B/K_a$	R 表示某特定土地利用类型变化程度
土地利用相对变化率(T)	$T=R\times C_a/\|C_b-C_a$	$T>1$ 表明某土地利用变化幅度大于全区该类土地的变化
土地利用相对变化度(D)	$D=\|R\times(B_i/\sum B_i)\|$	在 T 的基础上将局部某特定类型的变化数量在全区该类型总变化量中所占的份额考虑进去

* 式中 K_a、K_b 分别为区域某一特定土地利用类型研究期初和研究期末的面积；C_a、C_b 分别代表全研究区某一特定土地利用类型研究期初和研究期末的面积；i 为区域代码。

从表 7.3 可以看出，土地利用变化量(B)、土地利用变化率(R)、土地利用相对变化率(T)和土地利用相对变化度(D)等指标均可反映出土地利用/覆被变化状况。其中，B 直接表达出了变化的数量，但没考虑该种土地利用相对变化和区域总体变化；R 考虑了该种土地利用相对变化，但缺少区域总体变化；T 考虑了前两者的优缺点，但未考虑该类型变化在全区该类型总变化的比重；D 则考虑了前三者，综合了 R 和 T 的优缺点，既可对某种类型土地变化进行分区间的横向比较，也可对区域内部各类型土地变化进行纵向分析，比较全面地反映了区域内部 LUCC 的分异。因此，将土地利用相对变化度(D)作为进行土地利用变化分析的主要数量指标(蒙吉军，2004)。

(六) 土地利用/覆被变化的驱动机制

LUCC 驱动机制的研究在于揭示土地利用和土地覆被变化的原因、内部机制和基本过程，预测其未来变化发展的趋势与结果，以便于制定相应的对策。导致土地利用发生变化的驱动力主要存在于自然和社会两个系统(摆万奇，2001)。在自然系统中，气候、土壤、水分等变化被认为是主要的驱动力类型；在社会系统中，通常将驱动力分为 6 类，即人口变化、贫富状况、技术进步、经济增长、政治经济结构以及价值观念等。由于土地利用变化是一个相当复杂的过程，同时它又受到自然、社会、经济等众多因素的影响；这些因素对土地利用变化的作用方式与作用强度各有不同，所以，应用系统论的观点和方法，选择典型区域进行空间差异和对比研究，是 LUCC 驱动机制研究的必要手段。

1. 驱动力分析

目前，对 LUCC 驱动机制研究的主要途径之一是对某一区域的驱动力进行分析，揭示区域内影响 LUCC 的动力所在。LUCC 的驱动力是多方面的，目前多从经济行为、社会行为及自然行为等多角度进行综合分析(图 7.2)。

宏观上，可能的驱动力层次和类型有以下几种(蒙吉军和李正国，2004)：

(1) 经济行为驱动

经济行为驱动又分为生存型经济福利驱动和最优经济福利驱动两类。

● 生存型经济福利驱动

在社会经济发展水平较低的地区，经济基本处于传统的自然经济状态，土地产品商品率

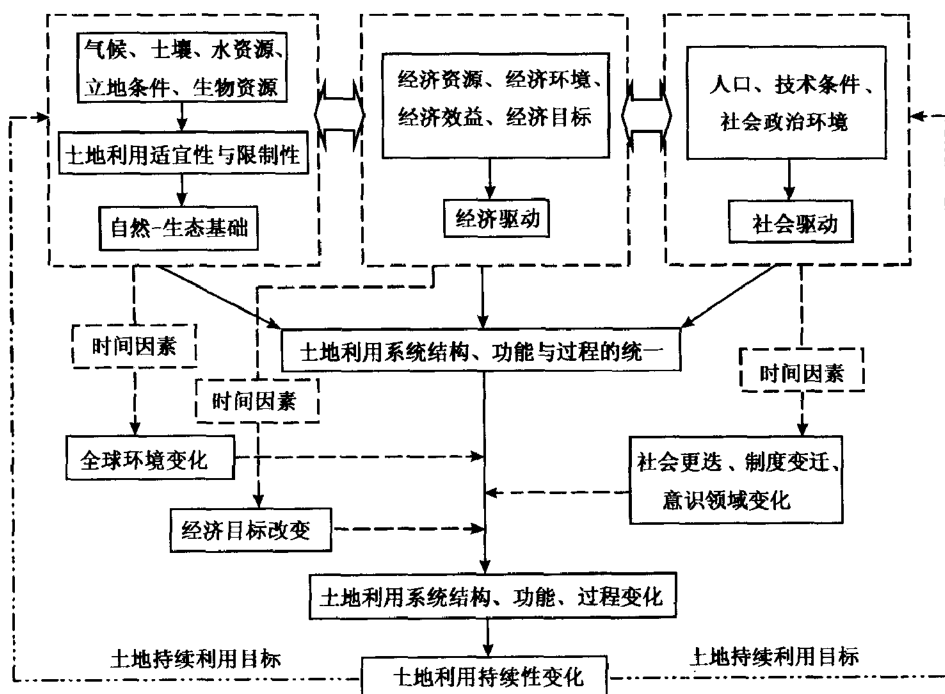


图 7.2 LUCC 驱动因素作用过程

（戴尔阜，2002）

低，工商业不发达，土地利用的目的是为了获取土地的直接物质产出，以满足人们的基本生活需要。

● 最优经济福利驱动

在市场经济得到充分发展的地区，人们开发利用土地主要是为了市场交换。土地产品或服务的市场供求状况和比较效益是影响土地利用变化的主导因素，故又称经济福利驱动。在经济增长和城市化发展较快的地区，由于比较经济福利驱动，耕地被非农产业占用的现象比较普遍。在上述两类经济行为综合影响下，往往造成景观斑块面积、数量以及类型变化。

(2) 社会行为驱动

社会行为驱动又分为环境安全驱动和食物安全驱动两类。

● 环境安全驱动

人类通过土地利用活动改变地表覆被状况，由此产生许多负面的环境效应，如土壤侵蚀、环境污染。土地生产力的降低是土地利用本身所受影响的主要表现形式，严重的环境退化甚至造成景观的一种或多种可利用属性的丧失，迫使人们改变景观利用类型，以恢复和保护人类生存所需的生态环境。另一方面，随着社会经济水平的不断提高，人们开始追求环境质量的改善和生活质量的提高，于是景观的环境收益开始受到重视。在生态环境脆弱及其外部影响强烈的地区，这种驱动力尤其重要。由于景观的环境收益具有强烈的外部性，所以以改良环境为目的的景观类型变化主要是宏观主体(政府或集体)的行为。

● 食物安全驱动

食物是人类生存的最基本要素，土地是食物生产的最终源泉。在一定的国际政治经济背

景下，保证一定的农业用地和基本的食物供给，直接关系着国家或集体的生存安全。因而，政府的农业和土地保护政策构成了景观变化的重要影响因素。在耕地稀缺地区和重要粮食产地，耕地的保护受到政府的高度重视。

(3) 自然行为驱动

自然条件的变化也是景观类型变化的重要驱动力，但由于短时期内，自然条件变化一般比较稳定，而对于大的时空尺度景观类型变化具有较为显著的效应，在较小时空范围内的景观类型变化则显得随机性过强。

此外，有人将影响土地利用变化的社会经济因素分为直接因素和间接因素。直接因素包括：对土地产品的需求、对土地的投入、城市化程度、土地利用的集约化程度、土地权属、土地利用政策以及对土地资源保护的态度等；间接因素包括：人口变化、技术进步、经济增长、政治经济结构、贫富状况和价值取向六方面。间接因素通过直接因素作用于土地利用。

2. 驱动机制模型构建

LUCC驱动机制研究的另一个途径则是对某一区域的驱动因子建立相关模型，在定量分析的基础上，通过历史及现实的土地利用与各种社会、经济、技术及自然环境等影响因子之间的相互作用及其变化关系，探索土地利用时空演变的基本规律，进而对未来土地利用及土地覆被的变化进行预测。这主要是因为影响土地利用及其时空变化的因素众多，而且它们之间的相互作用并非是一种简单的线性关系，所以建立合适的LUCC模型利于深入了解土地利用和覆被变化的复杂性。

目前，国际上在LUCC研究方面都重点强调大规模、跨学科和综合性，建立了不少不同尺度、不同内容的分析模型。如早期闻名遐迩的GAP模型(A Geographic Approach to Protect Biological Diversity，保护生物多样性的地理学方法；另外，"GAP"一词既是缩写词，又隐含"间隙"之意)及其在生态学、林学和气候学上的应用模型等。Riebsame(瑞波萨姆)等在研究美国大平原地区农业过程中建立了一个综合性的LUCC模型。模型包括了人类环境中的驱动力、自然环境中的驱动力、土地利用决策过程和生态过程四部分。该模型的自然环境方面有气候、土壤、生物地球化学循环等传统因子组成，人类环境方面则包括了政策、经济(如需求、投入成本和商品价格)和技术等范围广泛的社会驱动力。此外，还有人引入其他学科中较成熟的模型来进行LUCC预测，如元胞自动机、马尔科夫链模型及CLUE模型等。

(七) 土地利用/覆被变化研究特点——综合研究

与资源环境研究领域的其他问题一样，进行LUCC研究最大的挑战来自于问题的复杂性。由于LUCC问题复杂性，区域LUCC研究的总体趋势是综合，包括问题的综合分析，方法的综合和理论的综合等(蔡运龙，2001)。

LUCC研究内容很多，涉及自然、社会和经济领域的方方面面，需要多学科的参与和合作，进行多学科的交叉研究。应在空间尺度(国际、国家、地区、地方和农场)的基础上，针对不同的自然环境建立可以对比的指标体系，选取便于定量表达和动态评价的指标，改进综合的评价方法与评价模型。社会经济方面的信息如人口、产业结构、收入、产量、消费、贸易、人口迁移等，在LUCC的研究中不可或缺，然而社会经济数据与遥感数据的结合在时间频率与空间分辨率方面存在着较大的难度。

LUCC研究必须重视社会经济分析与区域地理条件的相互结合。这就意味着数据库的建

设与空间统计分析技术的改进；意味着自然科学与社会经济科学之间的相互结合；意味着土地利用/覆被变化研究组成员的综合性。也就是说，在模型的构建过程中，必须将各种有关生物地球化学过程和人文过程的信息有效地融进土地利用/覆被变化的过程之中，充分考虑 LUCC 对环境的影响以及环境的反作用（陈佑启等，2001）。

7.3 土地利用/覆被变化研究现状与趋势

（一）国际组织与一些国家研究计划

自 1995 年 IGBP 与 IHDP 联合成立了"土地利用/覆被变化"核心项目计划委员会以后，一些积极参与全球环境变化的国际组织和国家纷纷跟进，启动了各自的 LUCC 研究项目。

（1）国际应用系统研究所（IIASA）

IIASA 于 1995 年启动了"欧洲和北亚土地利用/覆被变化模拟"的 3 年期项目。这个由来自不同国家和不同学科背景的科学家联合开展的研究项目，旨在分析 1900～1990 年欧洲和北亚地区 LUCC 的空间特征、时间动态和环境效应，并预测在全球环境、人口、经济、技术、社会及政治等因素变化的背景下，该区域未来 50 年土地利用/覆被的变化趋势，为制定相关对策服务。IIASA 之所以选择欧亚大陆的北部地区作为研究区域，主要是因为这里具有复杂的社会、经济和政治背景，而且在 20 世纪发生的变化相当剧烈，为 LUCC 研究提供了理想的场所。

（2）联合国环境署（UNEP）

UNEP 亚太地区环境评价计划于 1994 年启动了"土地覆被评价和模拟"（LCAM）项目，旨在调查东南亚地区土地覆被的现状和变化，确定这种变化的热点地区，为区域可持续发展决策服务。该项目采用美国宇航局高分辨率雷达影像和 1∶100 万比例尺进行区域土地覆被制图和监测。目前已完成了对孟加拉、柬埔寨、老挝、缅甸、尼泊尔和越南等国两个时段（1985～1986 和 1992～1993）的土地覆被调查工作，下一步工作将拓展到斯里兰卡、巴基斯坦、中国、印度及伊朗等国。对土地覆被变化的热点地区，将运用高分辨率的地球资源卫星影像进行详细的分析工作。

（3）美国

美国全球变化研究委员会将土地覆被变化与气候变化、臭氧层的损耗一起，列为全球变化研究的主要领域之一。研究工作主要集中于全球和区域性土地覆被变化的监测、土地覆被（主要是森林）变化与温室气体的释放及减少温室气体。与欧洲空间署等国际组织合作开展了高分辨率雷达（AVHRR）监测土地覆被变化和季节性植被状况项目，目前这种分辨率达 1 km、全球覆被周期为 1 天的雷达影像正在进入实用阶段。美国利用这种遥感信息编制全球土地覆被图，并进行全球植被分类和生物量估算工作。1996 年，美国全球变化委员会开展了北美洲土地覆被变化的研究。该项目将利用遥感方法（大于 100 m 分辨率的卫星影像）分析北美（包括美洲大陆的赤道带地区）自 1970 年以来的土地覆被空间变化。

（4）日本

为跟进 IGBP/IHDP"LUCC"核心项目计划，在日本环境署支持下，国立科学院全球环境研究中心提出了"为全球环境保护的土地利用研究"（LU/GEC）项目。该项目着眼于亚太地区

可持续的土地利用，第一阶段的研究目标主要是预测2025年和2050年该地区土地利用/覆被状况（包括耕地、林地、城市用地及荒漠化土地）及土地第一性生产力的变化。该项目也将采用地方性个例分析、RS和GIS监测和空间模型分析等方法，研究LUCC的空间分布、时间动态及驱动因子，同时强调相应对策和技术的研究。

（二）中国土地利用/覆被变化研究

长期以来，中国土地利用研究主要是为经济建设服务，有关土地利用/覆被研究主要集中于土地利用调查、分类、区划、规划、基础理论研究、基础图件编制和资源环境数据库建设等方面。

为了使中国的LUCC研究跟上国际研究发展趋势，1996年5月，由全球变化东亚区域中心（TEACOM）和中国生态系统研究网络（CERN）共同主持，在北京召开了“中国全球变化研究中的土地利用变化问题”学术会议。会议交流了中国在该领域的最新研究成果，并讨论了如何制定中国土地利用变化研究的科学计划。不少学者认为，中国的LUCC研究一方面要与国际全球变化研究的一系列计划接轨，并在该领域做出国际水平的工作；另一方面，还要面向中国经济发展，为合理开发、利用土地资源提供科学依据。

中国区域尺度上土地利用/覆被数据库的建立主要围绕TM影像展开。在中国科学院、科学技术部、国家发展改革委员会、农业部、国家统计局等部门的支持下，以刘纪远研究员为首席科学家，由中国科学院遥感应用研究所主持，中国科学院10多个研究所、中国农科院、中国林科院、国家测绘局、国家卫星气象中心、农业部农业资源监测总站等组成的研究集体，利用RS与GIS一体化技术，建成了国家级的、反映国土资源环境动态变化的分层、分级、分区的基本资源环境遥感调查数据库，并实现了集数据库管理、模型分析和决策支持等功能的国家基本资源环境空间信息系统，包括利用20世纪90年代中期TM影像完成的1∶25万全国和分省土地总面积的统计、全国1∶200万土地利用卫星影像图及1∶5万主要城市土地利用现状卫星影像图等。另外，国家环境保护总局与国家测绘局联合，先后于2001、2002年完成了中国西部地区和中东部地区生态环境现状遥感调查，建成全国2000年和80年代中后期遥感影像（TM）数据库，1∶10万全国2000年和80年代中后期土地利用/覆被现状遥感解析数据库、遥感解译标志数据库、1∶10万全国生态专题信息数据库以及典型地区遥感调查数据库等。

自20世纪90年代中后期以来，配合ICBP/IHDP科学研究计划，中国LUCC研究也普遍开展起来。相继在天津、北京、广州、上海、太原、沈阳、大连等城市开展了土地利用及其变化的遥感研究。农业部农业区划办公室主持进行了“北方四省区土地资源开发利用调查与评价”项目。同时针对中国粮食安全、土地生态环境问题、典型地区土地利用变化与社会经济发展关系以及典型地区土地利用变化驱动力研究开展了大量工作。此外，许多学者还从可持续发展的不同角度如粮食安全、生态脆弱区生态安全、水资源安全、湿地等方面对LUCC进行了研究。

从总体上讲，中国LUCC研究的历史较短，相应的研究内容、方法也存在不同程度的缺陷。从研究内容上说，中国大多数学者对LUCC的研究主要集中于区域个例或大尺度的土地利用变化研究。虽然区域个例研究能够深入分析该区域内的LUCC及作用机制，但外推到大的空间尺度时，往往缺少空间可比性。同样，大尺度的土地利用变化尽管可以反映整体土地利用变化特征和趋势，但受到数据可获得性的限制，在解释地方性的动态变化和驱动机制时存在

先天不足。从研究方法上来说,大多数学者致力于建立模型探讨土地利用变化,但真正将土地利用变化与其空间分布相结合,探讨不同尺度上土地利用的时间演变规律的动态模型并不多见。此外,研究尚处于基础理论与方法的探索阶段,与区域可持续发展相结合的应用实践性研究需要加强。

中国LUCC研究同全球LUCC研究的重点相一致,主要遵循"压力-状态-响应(PSR)"模型。据此,中国LUCC的研究模式可大致概括为"驱动因子-时空变化-资源环境效应"相互关系(图7.3)。

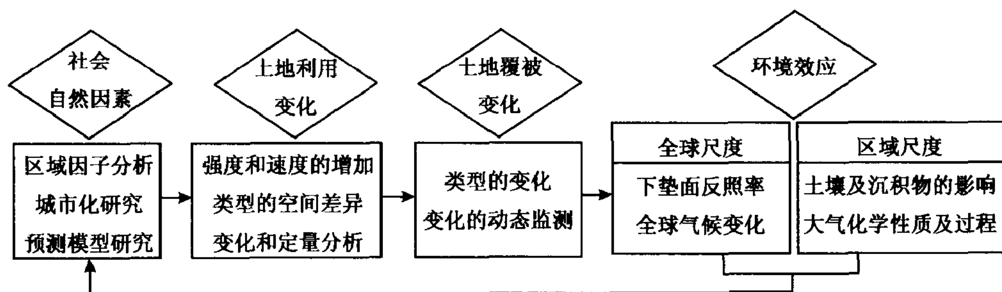


图7.3 中国土地利用/覆被变化的"驱动因子-时空变化-环境效应"研究模式

总的说来,国内学者在探讨中国LUCC的一般规律、建立土地利用变化区域模型方面做出一定成就,但在变化机制和变化预测方面仍显不足。为了提高中国对LUCC研究的整体水平,使之尽快与国际全球变化的研究接轨,未来中国关于LUCC的研究应注重各学科之间的交叉,加强对中国LUCC的预测研究。具体说来有以下几方面:

(1) 中国LUCC在不同的时间与空间内的动力机制及其作用方式与效果的案例研究;

(2) RS、GIS技术、数理统计及传统社会经济研究手段相结合,加强LUCC的模拟与预测研究;

(3) 科学地归纳、总结并形成LUCC的理论体系,为进一步进行LUCC的研究提供理论依据;

(4) 建立和完善灵活的LUCC动态数据库,以实现对中国LUCC的动态监测,以便政府做出适宜的、有针对性的决策。

(三) 土地利用/覆被变化研究展望

在LUCC研究中,尚有很多方面需要不断地探索和创新。如在全球范围内如何实现土地利用与土地覆被分类指标的统一、数据的标准化与分析方法的规范化,类型研究与过程分析的结合,各个国家与地区如何相互协调构筑LUCC案例研究的全球战略框架,以及RS、GIS技术与数理统计、传统的社会经济研究手段的相互结合等。

在认识和预测人类对整个自然地理系统影响的过程中,目前最为关键性的障碍是缺乏全面和综合的人地关系相互作用理论。LUCC研究根植于人地关系理论之中。到目前为止,尽管某些特殊的人地关系或者人地相互作用过程在土地利用理论体系中得到了一定的研究,如农户经济学、农民行为学、土地配置、技术革新、土壤肥力、与土地资源管理紧密相关的政治体制、国际国内市场等方面的研究均涉及到了人地关系的理论。但是,LUCC研究学科的综合性

需要对上述这些分散理论的基本原理与方法进行系统的评价、归纳与总结，形成综合的人地关系相互作用理论体系。可以说，如何科学地归纳、总结以形成LUCC的理论体系对LUCC研究的发展具有更为重要的意义。

7.4 土地利用/覆被变化的生态环境效应

LUCC可引起许多自然现象和生态过程的变化。研究LUCC的生态环境效应，对揭示区域生态环境乃至全球环境变化都具有非常重要的意义。目前，对LUCC的生态环境效应研究主要是从大气环境、土壤环境、水环境及生物多样性等方面做的工作较多。

(一) 大气环境效应

以变暖为主要趋势的全球气候变化，导致了越来越严重的洪涝、干旱等自然灾害，对人类社会造成了巨大损失。LUCC对气候的影响主要有两条途径：

(1) 由于化石燃料燃烧以及LUCC等人类活动使得大气中CO_2、CH_4等温室气体含量增多，由此产生的温室效应使得全球气候变暖而且变幅加大。

(2) 由于下垫面性质的改变，即由于地表反射率、粗糙度、植被叶面积以及植被覆被比例的变化引起温度、湿度、风速以及降水发生变化，由此引起局地与区域气候变化。

LUCC对小气候影响的研究较为深入且有较多的共识，如城市用地扩展与城市热岛效应的关系等。LUCC对区域或全球气候变化影响的研究内容主要集中在植被尤其是热带森林面积减少对温度和降水的影响等方面。

(二) 土壤环境效应

土地利用方式及管理措施是影响土壤质量演变方向和强度的关键因子，它们可直接或间接地作用于土壤系统，这些作用既可保持和改善土壤质量，也可能导致土壤质量下降，土地功能与生产力的下降，从而导致粮食产量的降低，影响区域社会的安全。例如，过度灌溉导致土壤盐渍化，过度伐林垦荒造成水土流失，养分贫瘠化等。土壤质量下降主要表现为不同形式的土壤退化，包括土壤侵蚀、土壤盐渍化、水土流失、土壤养分贫瘠化、土地沙化等。土地利用与土壤性质变化的研究对于了解生态过程动态与进行生态适应性管理十分必要，是土地利用环境生态效应研究的重要内容之一。研究表明，LUCC对土壤的影响表现在以下几方面：

(1) 首先表现在对土壤养分平衡的影响上。根据FAO在非洲多个国家所做的研究，在1982～1984年间，农业生产活动对土壤养分平衡带来了极大的影响，平均每公顷损失22 kg的氮素、2.6 kg的磷以及15 kg的钾，个别国家的情况更加严重，使得土壤养分日渐衰竭。而且随着耕作制度、肥料(包括化肥与有机肥)的施用、农田管理等农业生产经营方式的改变，土壤有机质的含量也会发生很大的变化。

(2) LUCC还导致土壤理化性质发生了很大的改变。在农业生产中随着机械化程度的不断提高、化肥施用量的不断加大，使得土壤板结现象日趋严重，土壤的酸性日趋增强。

(3) 农业活动还使土壤可蚀性增强。发生在20世纪30年代美国大平原地区的黑风暴事件即是由于在当时大平原地区广泛的农业化所导致环境退化造成的。

(4) 由于土壤(特别是森林地区)是全球碳循环中主要的碳汇，LUCC特别是森林砍伐与

农业活动使得固定在土壤中的碳素大量遗失。据研究，耕作活动会带来土壤表层 30 cm 范围内小于 20%或者低于 1.5 kg/cm^2 的碳素损失。另外，还发现农业活动会导致土壤中发生脱氮作用，氮氧化物和氮会被发散至大气之中。

(三) 水环境效应

水文过程机理比较复杂，它不仅与陆地表层系统中各种自然地理要素的时空分布密切相关，而且对农业开发、都市化等土地利用及其变化有高度的敏感性及相关性。国际上研究机构都把土地利用变化的水文响应作为全球变化的重要研究内容之一，阐明水文过程对土地利用类型变化的响应，定量分析土地利用类型变化对径流、洪水和水资源的空间分布的影响将是今后一段时期内的主要研究方向。

由于社会经济发展，人类活动改变了水循环自然变化的空间格局和过程，加剧了水资源形成与变化的复杂性。LUCC 对水资源的影响包括水量、水质和空间分布的变化。如人类耕作中化学肥料和杀虫剂的使用、城市生活污水和工业废水引起的 LUCC 已造成了世界性水污染；大面积森林开采、过度放牧、开荒毁林和围湖造田增加了下游洪水泛滥的频率和强度，改变了每年的河流流量，并使得降水的再分配不平均；对河道、湖泊天然形状的改变等等。目前，淡水生态系统最严重的压力来自于流域的改变和利用以及人类造成的水资源的污染。因此，研究土地利用对水资源的影响就显得尤为重要，迫在眉睫。

(四) 对生物多样性和景观生态格局的影响

生物多样性对维持人类生存与发展有着不可替代的作用。不合理的土地利用与其他全球变化因子一起，共同影响生物多样性和景观生态格局。森林面积减少、湿地干涸、草原退化及生物栖息地的斑块化等，土地利用的变化是生物多样性减少的重要原因。

生物多样性包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性。生物多样性的丧失主要有以下六方面的原因：

(1) 栖息地的消失；

(2) 栖息地(景观)的破碎化；

(3) 外来种的入侵和疾病的扩散；

(4) 过度开发利用；

(5) 水、空气和土壤的污染；

(6) 气候的改变。

其中，除第三个因素外，其余 5 个因素都与人类活动对土地利用直接或间接相关。前两个因素中，土地利用变化更是起到至关重要的作用。

景观空间组分 —— 斑块、廊道、基质等会随土地利用方式和利用类型的改变而发生改变，从而导致景观组成单元的类型、多样性及空间关系的变化。例如，随着人类对土地利用程度的加深和影响区域的扩大，景观多样性下降，人工景观优势度增高，景观单一化趋势日益显著，形状破碎化降低，但景观破碎化程度却不断加深，尤以人工景观为甚。

(五) 对生态系统能量流动的影响

目前，研究主要集中于对生态系统净初级生产力(Net Primary Productivity，简称 NPP)

的研究上。作为由生态系统的结构(植被分布与季相)与功能(生物地球化学循环)以及诸如太阳辐射、大气 CO_2 浓度、温度、降水、土壤肥力之类的环境变量共同决定的生态系统净初级生产力,必然会受到 LUCC 的影响,这种影响可以分为直接影响和间接影响 2 种类型。直接影响即是由于生态系统类型发生改变而直接使生态系统初级生产力发生的变化;间接影响则是指 LUCC 所导致的自然环境的变化对生态系统初级生产力产生的间接影响。

国际上对于初级生产力的研究也主要集中于此,即研究在 CO_2 浓度、温度以及降水量等自然环境要素发生改变的情况下生态系统的初级生产力会受到怎样的影响。现今国际上用于研究初级生产力的大小与分布的全球尺度模型有很多,从简单的回归模型到复杂的动力学模型,它们均是基于对生态系统是怎样构成的以及植被是怎样反馈环境变化的假设构建起来的。

通过对生态系统 NPP 的研究,一方面可以促进对全球碳循环机理的研究,另一方面也可以用于对地表植被覆被状况及其变化的研究。

(六) 对生态系统碳循环的影响

在陆地生态系统中,碳汇功能体现在碳库的贮量和积累速率,碳源体现在碳的排放强度;基本碳库包括植被活体、残体和土壤部分,基本积累过程包括光合作用和土壤碳的吸收,基本排放过程包括植被和土壤的呼吸作用。

陆地生态系统碳库与土地利用的联系,主要体现在植被和土壤碳在土地利用变化中,既可能成为碳汇,也可能成为碳源。在土地利用过程中,如果把土壤视为大气碳的汇(源),则使土壤碳的贮量增加的过程、活动和因素等都是汇,反之则是源。土地利用中的自然过程包括植被活体和残体碳库的形成与输入过程,受制于自然植被本身光合作用和呼吸作用等增加生物量与生产力的生理过程及环境条件,这些过程是由植被本身的自然过程决定的。土地利用中的人为过程包括土地经营的一切活动,人为活动通过改变自然过程而影响生态系统碳库的贮量,通过改变植被碳和土壤有机碳动态过程而实现,包括生物量收获、残体的处理和土壤扰动及植被组成改变或改变环境条件等方面。在不同土地利用方式下,碳汇(源)功能体现在生态系统碳的输入、输出和贮量的变化方面。

7.5 土地质量指标体系

(一) 土地质量指标体系研究背景

LUCC 导致不同形式的土地退化,如土壤侵蚀、土壤肥力下降、水质变坏、灌溉区盐渍化、土地生产力下降等。建立衡量土地质量变化的指标体系,以提供土地质量逆转趋势的早期预警,并及时发现土地质量出现问题的地区,是非常有必要的。

土地质量指标体系(Land Quality Indicators,简称 LQIs)的建立和研究,宗旨在于更好地掌握土地质量变化及其驱动力分析,并深化土地资源的科学管理。1995 年 6 月,世界银行(World Bank, WB)、联合国粮农组织(FAO)、联合国开发计划署(UNDP)和联合国环境署(UNEP)共同发起,在美国华盛顿召开第一次正式会议,讨论建立土地质量指标体系项目研究的全球联盟基础。

建立土地质量指标体系,对农业来说,是指导土地管理决策系统的一个重要部分,其内容

包括农牧民长期实践所获得的观察土地质量变化的经验积累;对土地开发项目管理来说,可以衡量项目措施的成效,并对可能产生的结果进行早期预警;对国家政府来说,是监测政策变化对土地资源影响的一种有效工具,并可为国家的环境保护工作提供指导性依据。因此,土地质量指标体系为科学家、管理者和决策者及不同领域专家之间相互交流起到了桥梁作用。

(二) 土地质量指标模型

土地质量指标是一种量度或由变量产生的数值。它能判断与人类需求有关的土地的状况及其变化以及与这种状况相联系的人类活动。这种反映土地资源的指标体系与国民生产总值或预期寿命等反映社会经济状况的指标体系在概念构思、框架结构及作用上是相当的。

1. PSR 模型

PSR 模型 (Pressures-State-Responses),由加拿大统计学家 Anthony Friend(安东尼·福兰德)于 1970 年提出,并由经济合作与发展组织(Organization for Economic Cooperation and Development,简称 OECD)发展为环境系统分析和评价的概念性模型,获得广泛的应用。在这个基于因果关系的模型能够衡量土地资源所承受的压力、这种压力对土地质量的影响以及社会对这些变化的响应(图 7.4)。

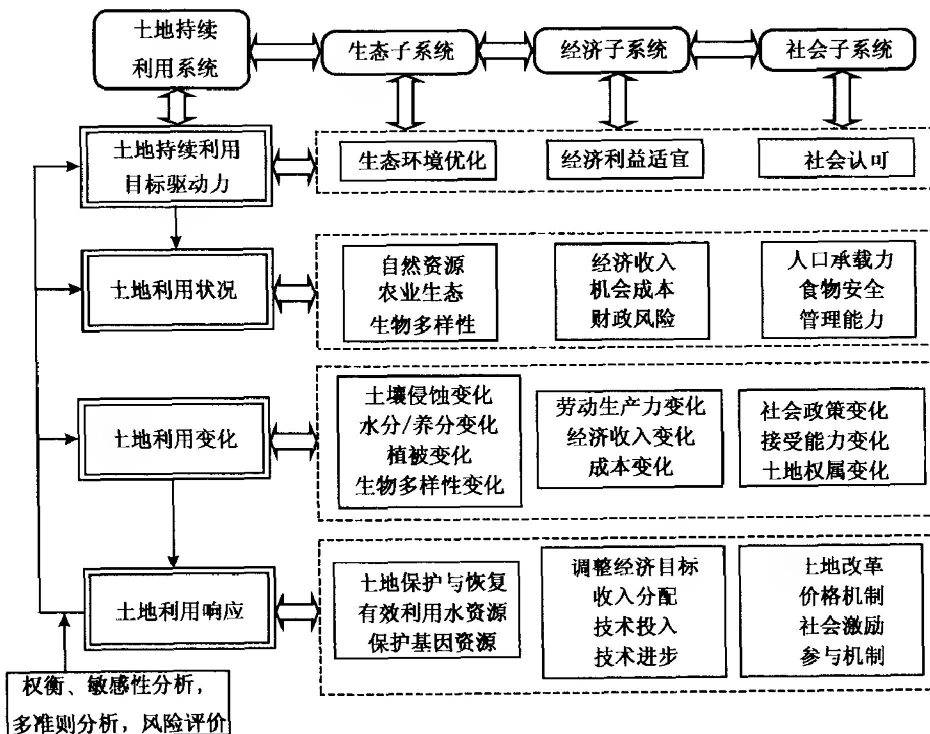


图 7.4 土地质量"驱动力-状态-响应"模式
(戴尔阜,2002)

(1) 压力指标

描述人为活动对土地资源造成的压力,如地下水的开采超过补给,木材砍伐超过再生,或

者没有土壤保护的坡地开垦等。

(2) 状态指标

描述土地资源状态及土地质量变化,如地下水下降,森林退化或土壤侵蚀;也包括由于成功的采取管理措施,而使土地质量得到改善的现象。

(3) 响应指标

包括环境变化对系统和人类的影响以及人类对环境变化作出的反应。描述社会(从农民到国家决策者的各个层次)对造成土地质量状态变化的压力的响应,既包括期望的正向响应,如水资源利用率的提高或者土壤保护措施的应用;也包括负面的响应如土地撂荒。

压力指标、状态指标与响应指标之间有时没有明确的界线。决策者在解译土地质量指标时应该注意,必须把压力指标、状态指标和响应指标结合起来考虑,而不能仅仅依赖一个或几个指标;否则,可能得出完全错误的结论。

2. DPSIR 模型

DPSIR 模型(Drivingforce-Pressure-State-Impact-Responses)是欧盟统计局(EUROSTAT)和欧洲委员会欧洲环境机构(EEA)在有关环境系统分析和环境指标制定工作中,采纳并扩展了PSR 模型后建立的新模型,称为"驱动力-压力-状态-影响-响应(DPSIR)模型"。其中:

(1) 驱动因子

包括宏观经济、政策、土地利用、发展、人口增长、贫困、土地利用(所有)期限状况、极端气象事件和气候变化、自然灾害、水的压力等。

(2) 压力因子

各部门的需求,农业、城市用地等;废物处理中营养矿物的需求;人口增长;过度农垦;过度放牧;水资源需求等。

(3) 状态

土地生产力下降、土壤退化、土壤污染、土壤侵蚀、土壤盐碱化、植被损失、生物多样性的损失等。

(4) 效应

土地生产力下降、贫困和移民、土地产品和服务、水循环和质量、固碳能力下降、生境破坏和生物多样性的丧失、对人类本身状况的影响和其他影响等。

(5) 响应

宏观经济政策、土地政策和政策手段、保护和恢复、预警和报警系统、在国际组织中承担义务、土地和水资源投资等。

2000 年,由全球环境基金(GEF)、联合国环境署(UNEP)和联合国全球机制(GM)支持,并由 FAO 执行的干旱区土地退化评价(LADA)计划中,也采用 DSPIR 模型为主要分析方法,对全球干旱区土地退化进行了系统分析。在 DPSIR 的框架下,提出近 400 个指标,在统计上分为自然生态、社会经济、政治文化三类。

(三) 国际上启动的相关项目

国际上围绕土地质量指标体系陆续启动了大型项目(冷疏影和李秀彬,1999)。

1. 世界银行

世界银行(WB)是 LQIs 项目最初倡议者之一。其项目主要是为热带、亚热带及温带主要

农业生态带的人工生态系统(农业及林业)建立土地质量指标体系,通过综合信息系统为这些地区所在国家的土地管理决策提供依据。研究工作分两组进行。

第一组是项目的核心。主要通过依靠现有项目,利用已有数据(包括大规模考察、普查、遥感数据),在短期内针对热带、亚热带及温带主要农业生态带的人工生态系统(农业和林业),建立5套可以作为国际参考标准的核心土地质量指标体系,包括养分平衡(宏观范围)、产量趋势(动态)与产量差距、土地利用强度、土地利用多样性、土地覆被;并通过与其他权威学科合作,建立4套核心指标体系,包括:水质、森林地质量、草地质量、土地污染。

第二组工作与第一组工作同时进行。但持续的时间更长、工作更具体、深入。主要目的是建立国家及国家以下层次的土地质量指标体系;同时检验第一组所建立的核心指标是否合理。与第一组不同的是,除了分析常规数据外,还要在选定的农业生态带(AEZ)内,开展野外工作,建模及调试模型。经过长期、详细、有组织的扎实工作,真正拿出有严谨科学基础的经得起考验的而又对项目评价与土地管理有价值的土地质量指标体系。拟研究的重点是土地管理对景观的影响,尤其是那些在建立土地质量指标体系过程中缺乏足够理论基础的部分,包括土壤质量、土地退化、农业多样性等方面。

2. 联合国粮农组织

FAO也是LQIs项目的最初倡议者之一。FAO项目人员认为,数据及信息来源应该是多方面、多层次的。短期内恐怕不能建立起一整套核心指标体系。但是,在综合、全面地实现土地利用决策与管理的框架中,应着重考虑能代表所监测土地单元重要的自然及社会经济特性的普通指标,主要包括:土地资源状况的变化,不同土地利用方式面积的变化,建议或推荐的农业措施的适应性及采用率,农业管理措施的变化,由于项目或开发活动的介入,产量及其他产出量的变化,农村发展问题,如土地所有权、人口密度和水资源、渔业及水产养殖、森林管理、土壤养分等。

不同层次的指标体系,指标的详细程度也不同。建立农场一级的指标体系,最好用该农场的观测和记录资料。同时,还要研究所取得的资料适用的范围。层次越低,指标应越详细。

FAO基本上接受PSR模型,但也注意到它在反映因果关系、反馈环及全面反映自然、社会与经济问题上的局限性。

3. 加拿大土壤健康项目

土壤作为健康环境的一个基本要素,是绝大部分作物生长的基础,是发展可持续农业的保障,并且为加拿大人民的健康及经济稳定做出了贡献。加拿大农业部于20世纪80年代中期开始"土壤健康"(the health of soil)研究项目。在全国23个地方设立实验站,监测土壤的健康状况。所建立的土地质量指标体系也以土壤性状为主,主要包括:土壤有机质与土壤结构;土壤退化过程,包括土壤侵蚀、盐渍化及化学污染;地下水污染;土地利用及土地管理措施在土壤质量退化、保持或改善方面的作用。

总之,在过去的10年中,由于增加了保护性的耕作措施,加拿大的土壤健康正在改善,对侵蚀及其他破坏力不再像从前那么敏感。农业土壤健康的保持与进一步改善还必须选择合适的土地利用与管理措施。为实现可持续农业的发展目标,政府应该出台新的土壤保护政策。

7.6 土地持续利用研究

(一) 土地持续利用研究背景

土地的可持续利用研究源于土地适宜性评价，它是对土地适宜性在时间方向的延伸趋势进行的一种判断和评估，是可持续发展思想在土地评价领域的体现。土地利用评价研究的发展历程大致可划分为：土地分类定级阶段→土地潜力评价阶段→土地适宜性评价阶段→土地资源可持续利用评价阶段。不同的阶段，其评价的理论和方法不尽相同。

进入20世纪90年代，随着可持续发展的思想和理论在各个学科领域的渗透，《土地评价纲要》(1976)已不能满足现代土地利用规划的需求。国际上一些土壤学家和土地评价专家将可持续发展的概念引申到土地利用，提出了可持续土地利用管理(sustainable land management)的概念。

(二)《可持续土地利用评价纲要》

可持续土地利用(Sustainable Land Use，简称SLU)的思想是1990年2月在新德里由印度农业研究会(ICAR)、美国农业部(USDA)和美国Rodale研究中心共同组织的首次国际土地持续利用系统研讨会上正式确认的。以后又分别于1991年9月在泰国清迈举行了"发展中国家持续土地管理评价"，1993年6月在加拿大Lethbridge大学举行了"21世纪持续土地管理"的国际学术讨论会。这两次会议的主要结果是提出了持续土地管理(利用)的明确概念、五大基本原则和评价纲要。

1993年，FAO颁布了《可持续土地利用评价纲要》(Framework for Evaluation Sustainable Land Management，简称FESLM)，确定了土地可持续利用的基本原则、程序和五项评价标准(pillars)，即土地生产性(productivity)、土地的安全性或稳定性(security)、水土资源保护性(protection)、经济可行性(viability)和社会接受性(acceptability)，并初步建立了土地可持续利用评价在自然、经济和社会等方面的评价指标。

五项评价标准具体为：

(1) 土地利用方式有利于保持和提高土地的生产能力(生产性)，包括农业的和非农业的土地生产力以及环境美学方面的效益。

(2) 有利于降低生产风险的水平，使土地产出稳定(安全性或稳定性)。

(3) 保护自然资源的潜力和防止土壤与水质的退化(保护性)，即在土地利用过程中必须保护土壤与水资源的质与量，以公平地给予下一代。

(4) 经济上可行(可行性)。如果某土地利用方式在当地是可行的，那么这种土地利用一定有经济效益，否则，不能存在下去。

(5) 社会可以接受(可接受性)。如果某种土地利用方式不能为社会所接受，那么，这种土地利用方式必然失败。

中国科学院地理科学与资源研究所陈百明(2002)在研究区域土地可持续利用指标体系时，设计了包括准则层、因素层、元素层三个层次的结构框架(表7.4)。

表 7.4 区域土地可持续利用评价指标体系框架

准则层	因素层	元素层
生产性	农作物生产力指数	农作物潜在生产力、现实生产力
	草地畜牧业产值指数	区域及全国的平均单位面积产值
	林木生长指数	区域及全国的平均单位面积蓄积量、生长量
	农用地产值指数	区域及全国的平均单位面积产值
	建设用地产值指数	区域及全国的平均单位面积二、三产业净产值
保护性	土壤肥力指数	土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾指数
	水土保持指数	水土流失强度指数、水土流失面积指数
	沙化治理指数	沙地扩展面积、沙化土地总面积
	盐渍化指数	土壤盐渍化面积、耕地面积
	潜育化指数	水田潜育化面积、水田总面积
	水质指数	不同级别的水面面积、比例
	超载过牧指数	现实性畜头数、理论载畜量
	水资源平衡指数	可供水量、实际需水量(75%保证率)
	土壤环境质量指数	受污染的耕地面积、耕地总面积
	基本农田保护指数	实际保护的基本农田面积、基本农田总面积
稳定性	农业生产稳定指数	有效灌溉面积、旱涝保收面积、旱涝抗逆指数
	粮食稳定性指数	单产年际变异系数
	草地畜牧业稳定性指数	产值年际变异系数
	森林稳定性指数	消长比、森林覆盖率
	建设用地稳定性指数	产值年际变异系数
经济活力	种植业收益指数	投入成本、产出量
	草地畜牧业收益指数	投入成本、产出量
	林业收益指数	区域及全国的林业产值与中间消耗值
	土地 GDP 指数	区域及全国的单位面积土地 GDP
可接受性	人口压力指数	土地的人口承载量、实际人口
	收入差异指数	区域及全国的基尼系数
	人均耕地指数	人均耕地、区域性人均耕地阈值
	土地案件指数	区域及全国平均的土地案件立案件数

戴尔阜(2002)将“驱动力-状态-响应”指标体系和“生态-经济-社会”指标体系结合起来构建了土地持续利用评价指标体系(图 7.5)。

FESLM 颁布在土地持续利用研究上具有里程碑的意义,提出的土地可持续利用评价的基本思想和原则,成为指导各国土地可持续利用管理的纲领,但 FESLM 只是一个高度概括的框架,在具体的评价指标体系和评价方法上还有待深入研究。不同国家、地区和个人都以此为指导,探讨了可持续土地利用评价的指标体系和方法,其中生产性、安全性、保护性、可行性和接受性这 5 个目标成为指标选取的指南和准则。

1997 年 8 月,在荷兰恩斯赫德召开“可持续土地利用管理和信息系统国际学术会议”,集中了国际上有关土地可持续利用评价的研究成果。各国专家认为土地利用可持续衡量应当从自然资源、生态环境、社会经济、习俗等方面予以考虑,选择指标应遵循数据的现成性、灵敏性和可量化性,并认为土地可持续利用评价指标有三类:一类为环境和技术指标,二类为经济指标,三类为社会指标。

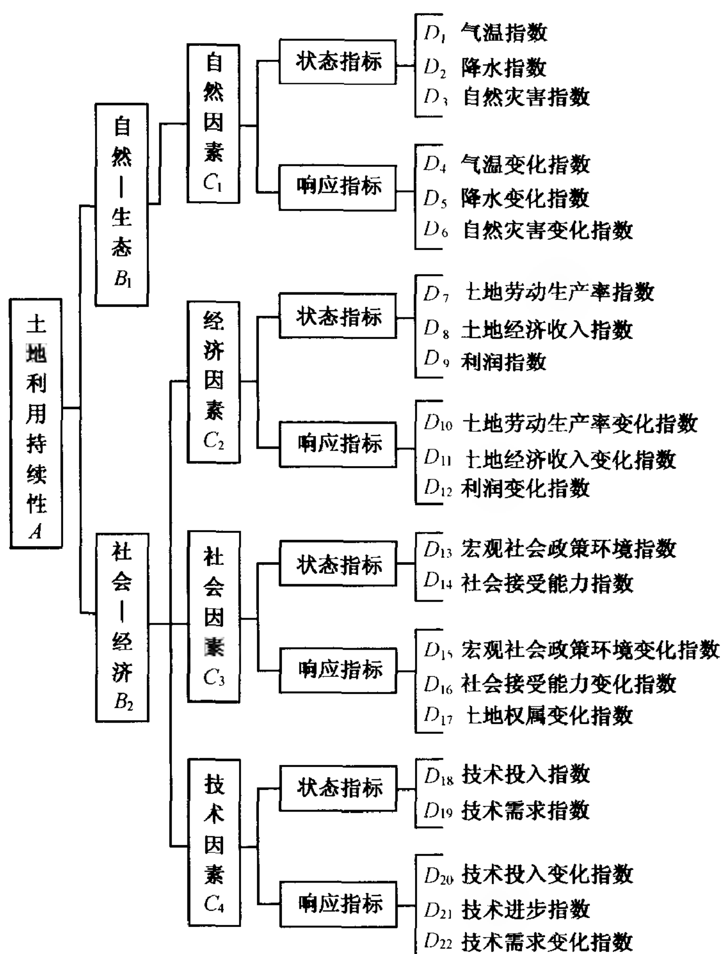


图 7.5 土地持续利用评价指标体系举例

(三) 土地持续利用的时空尺度

土地持续利用不仅涉及到时间因素，还涉及到空间尺度(傅伯杰等，1997)。

1. 时间尺度

比较土地利用的持续性和适宜性，可以认为持续性是适宜性在时间上的扩展。土地适宜性是指对于一定的土地单元，评价其是否适合于某种土地利用方式及其适宜程度，在较大程度上是一种现状的评价。而土地利用的持续性是评价一块土地在更长时期内是否适合于某种土地利用方式。影响土地适宜性评价和持续性评价的环境因子基本相同，但土地利用的持续性评价要求对某种土地利用方式下，各种环境因子和生态过程的变化趋势作出预测，而土地适宜性评价仅仅是对各种环境因子的特征进行现状调查和评价。一种土地利用方式，只要在未来可预见的较长时期内，未引起明显的或永久性的土地退化，通常认为这种土地利用方式是可持续的。

2. 空间尺度

在空间上，尽管土地持续利用都需从生态、经济和社会三方面综合考虑，但不同的尺度上

侧重点不同，从田块-农场 流域或景观-区域或国家-全球，土地持续利用的主要约束因素分别是农业技术-微观经济-生态因子-宏观经济和社会因子-宏观生态因子。

例如，对于具体的农田，土地利用的目的是提高土地的生产力和生产效益，制约土地可持续利用的主要因子是农业技术。而对于农场来说，其发展的目标是在更大尺度上满足几代农场家庭的生活需求，提供优质高产的农产品。在此尺度上影响土地可持续利用的主导因子是微观经济因素，它不仅取决于农作物的产量，还与区域市场条件有关。在景观或流域水平，生态因素则成为制约土地可持续利用的主导因子，土地持续利用要考虑流域或景观单元的环境容量与承载能力、生态系统和生物多样性保护。对于区域或国家一级，发展的目标不仅包括国内食品供应、出口赢利和人口供养，而且还要考虑整个国家的总体规划、区域分配和在国际上的地位，土地持续利用的制约因子主要为宏观的社会经济政策，评价的时间尺度则与国际政治和经济的规划水平有关。在全球尺度上，土地持续利用要考虑全球气候变化和环境演变，影响这一尺度的因子主要是生态因子。

总之，土地可持续利用可以理解为在生态（自然）方面应具有适宜性，经济方面应具有获利能力，环境方面能实现良性循环，社会方面应具有公平和公正性。由于土地可持续利用研究成果是土地利用规划的重要基础，以及作为土地管理决策支持与效果评价的主要依据。所以，土地可持续利用研究应突破土地利用研究停留在概念和一般理论以及局部性案例研究的局面，通过全面的具体指标体系及其评价标准研究使可持续利用走向实质性深入，同时要密切服务于应用目标，突出可操作性；在重视现状分析的基础上，注重生态经济社会过程的研究，探讨土地利用可持续与否的深层次原因。

LUCC、LQIs 及 SLU 的研究代表了当前国际综合自然地理学研究的主要前沿领域。事实上，这几个方面关系密切。LUCC 研究是中心，也是土地质量指标体系建立和生态环境效应监测的重要基础之一，而这几方面研究的落脚点和归宿是持续土地利用管理。中国正处在快速工业化阶段，土地资源数量紧缺和质量下降的问题日趋尖锐，强化土地管理在保护自然资源与生态环境中的作用愈显重要，而土地利用和土地资源的动态研究，无疑是土地资源管理工作为土地科学研究提出的重要需求。

复习思考题

7.1 何谓土地覆被与土地利用？有何异同？

7.2 IGBP 和 IHDP 为何要积极推动 LUCC 的研究？

7.3 LUCC 的主要科学问题和研究焦点是什么？

7.4 何谓 LUCC 的驱动机制研究？

7.5 何谓 LUCC 的生态环境效应，主要研究哪些内容？

7.6 如何理解 LUCC 研究的综合性特点？

7.7 简述土地质量指标体系构建的意义。

7.8 目前土地质量指标体系模型有哪些？

7.9 何谓土地持续利用？有哪些基本原则？

7.10 论述 LUCC、LQIs 及 SLU 间的相互关系。

第8章 生态系统综合评价

人类的生活依赖于生态系统生产的物质，同时生态系统还提供一些服务，其影响往往长期而深远。随着经济高速发展，人口数量不断增加，人类已极其显著地改变了地球的面貌。况且，目前人类还在日益忽视自身生活和社会经济发展对生态系统的依赖性，以及生态系统为人类社会发展所作出的贡献。

鉴于此，近年来，生态学界和地学界都曾对生态系统掀起了各方面的研究，从生态系统服务功能、生态系统安全（包括生态风险和生态健康）、生态足迹及生态系统管理等方面对生态系统进行了综合研究。实际上，这些研究热点之间是相互关联的。从生态系统所提供的服务功能入手，对其进行经济价值评估，对生态系统的现状进行健康诊断和生态足迹评价，并对生态系统进行预测与管理，是实现可持续发展的根本保证。

8.1 生态系统综合评价的理论框架

（一）生态系统综合评价的内容及特征

1. 生态系统综合评价的内容

生态系统综合评价（Integrated Ecosystem Assessment，简称 IEA）是分析生态系统提供的对人类发展具有重要意义的生产及服务能力。这种能力对满足人类的需要非常重要，最终可能会影响到一个国家的发展。生态系统综合评价包括对生态系统的生态分析和经济分析，也考虑到生态系统的当前状态及今后可能的发展趋势。

生态系统综合评价不仅关注如粮食产量等单个生态系统的产品和服务，而且要对整体生态系统所能提供的产品和服务进行评价。其优点是为审视各种产品与服务之间的联系与平衡提供了一个框架。因为从这些产品和服务中所获得的利益，往往会被单独隔离开来时所做的评价所遮掩。生态系统对于生产特定产品或服务时可能处于好的状态，而对于其他功能状态则不是最佳。例如，一个生态系统管理的目标也许会对如食品生产十分适合，但可能会破坏生态系统的其他服务功能。生态系统综合评价的方法是先分别评价系统提供各种产品及服务的能力，再在这些产品和服务之间做出权衡。

2. 生态系统综合评价的特征

生态系统综合评价具备以下两个基本的特征：

（1）评价的地域性

评价的重点是生态系统本身，即在一个特定的地点下生物系统及其相关的自然环境，并考虑到影响系统的社会经济因子，这些因子或许是“本地的”（如耕作）或许是“遥远的”（如大气 CO_2 浓度的变化）。这些具有本地或空间特征的因子信息也可以被综合，用来分析区域或全球趋势和过程。

(2) 评价的多维性

生态系统评价的设计是提供一系列指示因子，评价它们如何影响生态系统；同时评价生态系统的变化如何影响整个系列的生产和服务功能。比较而言，一维评价集中在生态系统单个产品及功能上（如木材、农业或生物多样性）或单因子对生态系统的影响（如物种入侵或气候变化）。生态系统综合评价的主要优点是它对不同产品和服务之间的平衡，从而明确从生态系统生产和服务可以获得的有利的综合发展信息。

(二) 生态系统综合评价在时空尺度的转换及扩展

地球的任何一个斑块皆可被定义为一个生态系统，其外总有一系列的因子影响生态系统的功能，同时也有能流、物流及不同的产品及服务功能扩展于系统之外。比如在一个流域尺度上，海岸带生态系统也会受到河流生态系统的营养物质和沉积物的影响。同时，评价的范围越大，则越容易失去地方的特点，这些特点往往是决策者们制定政策所必须的。世界范围内40%的土壤退化可能引起广泛关注，但对于土地管理者来说最需要的是获得对生态系统的全面认识。

有些生态系统信息在全球尺度上也显著相关，例如全球水、氮和碳循环或物种迁移和入侵。其他生态系统在国家及地区范围内显著相关，如耕作方式、土壤侵蚀等。因此，尺度(scale)问题是评价生态系统状况的一个难点。

(1) 时间尺度变换

短期研究不能揭示数年或几十年的变化趋势，也不能解释这些变化的因果关系；而长期过程常常隐含于"不可见的现在"。在几十年或上百年的尺度上，人们没有能力去解释一些因果关系，常常认为自然的、生态的变化过程是静止的，而低估了这些变化。同时由于生态过程中驱动因子的变化，生态变化的因果关系，空间尺度的扩展等皆会造成生态过程的迟滞效应。这就要求生态系统综合评价必须基于长期的生态研究，对生态系统的现状及其未来变化趋势做出正确的评估，从而为决策提供科学的理论依据。

(2) 空间尺度变换

在生态系统、景观及其以上水平的生态系统综合评价研究，尺度的扩展十分必要。生态系统综合评价在空间尺度上分为以下几个层次：斑块尺度(patch scale)，景观尺度(landscape scale)，区域尺度(region scale)，大陆尺度(continent scale)及全球尺度(global scale)。尺度研究也因不同的评价目的和内容而定，评价的范围可以从一定点扩展到大尺度的区域。生态系统的网络监测提供了一个更大范围的空间尺度研究，同时地理信息系统(GIS)、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)等的发展，评价模型的应用，使得空间尺度的进一步扩展成为可能。

对于特定的生态系统，在其上下有亚系统和复合生态系统，生态系统的综合评价必须考虑它们之间的相互关系。但在实际建立生态系统评价的指标体系时，有许多评价指标是无法进行空间变换或扩展的，所以不同尺度上的生态系统评价会有不同的内容和方法。

对于生态系统综合评价来说，评价不仅仅要综合考虑这些因素，而且要综合考虑生态系统服务、健康、管理之间的关系。综合评价的现实目标是生态系统管理，所以评价要求在较短的时间内提供生态系统生产与服务功能的现状、变化趋势及管理所造成的生态影响等。这就要求评价研究应该能够对长期生态研究及现有的资料进行综合，并提出对策。

(三) 生态系统综合评价的框架

生态系统综合评价要求对所评价的对象进行下述几方面的深入研究。

(1) 必须获得可靠的生态系统的基础信息(包括各因子数量、经济价值、产品及服务的状况)。长期的生态数据必须依靠长期生态监测网络获得的资料,而且必须回答所面临的生态问题,诸如环境因子变化后,不同生态系统反应有何不同? 如何影响其产品及服务功能? 生物多样性的变化如何影响不同生态系统产品与服务的供应及恢复能力? 不同生态系统变化的极限及其敏感性如何?

(2) 提出不同的指标体系,在综合评价中,评价指标必须具有可查性、可比性和定量性。不同的生态系统,指标体系也应不同。

(3) 对所获得的信息定量化,建立包括生态、经济和科技进步在内的综合模型,为政策管理者提供不同管理选择的未来情景分析。在建立综合模型中必须保证在不同尺度上收集到的数据具有整合性,这样才能保证大尺度模型可以采用小尺度的局域性数据,而反过来可以用于局域分析。

生态系统综合评价根据其目标不同,有许多种形式。如生态影响评价,主要集中在生态行为或人类活动对环境的影响,如公路建设等;生态管理评价,集中在某项自然管理的决策对未来生态的影响。一个区域的生态评价必须综合考虑自然环境与人类之间的相关性,并且寻找两者之间的平衡,其评价过程应该综合生态、经济、社会、文化的价值。

本章内容主要从生态系统服务功能评价、生态系统安全及其评价、生态足迹评价和生态系统管理及影响评价4个方面来研究生态系统的综合评价方法及内容。

8.2 生态系统服务功能评价

现在,地球上已经不存在未受人类影响的生态系统了。人类每天制造大量的垃圾和废物,已经危害到地球的每个角落。生态系统的作用不仅是人类的垃圾堆放场所,它更重要的贡献在于能够为人类社会提供一系列不可或缺的服务。

(一) 生态系统服务功能的提出与发展

虽然人类对生态系统服务功能的研究才刚刚起步,但是我们的祖先早已就意识到了生态系统对人类社会发展的支持作用。早在古希腊,Plato(柏拉图,公元前427～347)就认识到雅典人对森林的破坏导致了水土流失和水井的干涸。在中国风水林的建立与保护也反映了人们对森林保护村庄与居住环境作用的认识。在美国,George Marsh(乔治·马什)也许是第一个用文字记载生态系统服务功能作用的人。他在《人与自然》(Man and Nature)一书中记载:由于受人类活动的巨大影响,在地中海地区“广阔的森林在山峰中消失,肥沃的土壤被冲刷,肥沃的草地因灌溉水井枯竭而荒芜,著名的河流因此而干涸。”Marsh也意识到了自然生态系统分解动植物尸体的服务功能,他在书中写道:“动物为人类提供了一项重要的服务,即消除腐臭的动植物尸体,如果没有它们,空气中将弥漫着人类健康有害的气体”。同时他还指出,水、肥沃的土壤,乃至我们所呼吸的空气都是大自然与其生物所赐予的。

以后直到Aldo Leopold(A.利奥波德,1887～1948)才开始深入地思考生态系统的服务功

能，他曾指出："赶走狼群的牛仔们没有意识到自己已经取代了狼群控制牧群规模的职责，没有想到失去狼群的群山会变成什么样子，结果导致沙尘蔽日，肥沃的土壤被流失，河流把（我们的）未来冲进了大海"。Leopold 也认识到人类自己不可能替代生态系统服务功能，并指出："土地伦理将人类从自然的统治者地位还原成为自然界的普通一员"。在这个时期，Fairfield Osborn（F. 奥斯本）与 William Vogt（W. 沃格特）也分别研究了生态系统对维持社会经济发展的意义。Osborn 指出：只要我们注意地球上可耕种、人类可居住的地方，就可以发现水、土壤、植物与动物是人类文明得以发展的条件，乃至人类赖以生存的基础。Vogt 是第一个提出自然资本概念的人，他在讨论国家债务时指出：我们耗竭自然资源（尤其土壤）资本，就会降低我们偿还债务的能力。

自 20 世纪 70 年代以来，生态系统服务功能开始成为一个科学术语及生态学与生态经济学研究的分支。据文献总结，"Study of Critical Environmental Problems"首次使用生态系统服务功能的"service"一词，并列出了自然生态系统对人类的"环境服务"功能，包括害虫控制、昆虫传粉、渔业、土壤形成、水土保持、气候调节、洪水控制、物质循环与大气组成等方面。稍后，Holdren（侯德润）与 Ehrlich（埃尔利希）论述了生态系统在土壤肥力与基因库维持中的作用，并系统地讨论了生物多样性的丧失将会怎样影响生态服务功能，以及能否用先进的科学技术来替代自然生态系统的服务功能等问题。并认为生态系统服务功能丧失的快慢取决于生物多样性丧失的速度，企图通过其他手段替代已丧失的生态服务功能的尝试是昂贵的，而且从长远的观点来看是失败的。随着这些文章的引用，后来出现了"自然服务功能"一词和"生态系统服务功能"。"生态系统服务功能"这一术语逐渐为人们所公认和普遍使用。

(二) 生态系统服务功能的内涵

生态系统服务功能（ecosystem service）是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。生态系统为人类提供了自然资源和生存环境两方面的多种服务功能，不仅包括各类生态系统为人类所提供的食物、医药及其他工农业生产原料，更重要的是它维持了地球的生命支持系统，生命物质的生物地球化学循环与水循环，生物物种与遗传多样性，净化环境，维持大气化学的平衡与稳定等。现在，人们已经深刻地认识到，生态系统服务功能是人类生存与现代文明的基础。

全球生态系统服务可以归纳为 17 类，4 个层次：生态系统的生产（包括生态系统的产品及生物多样性的维持等），生态系统的基本功能（包括传粉、传播种子，生物防治，土壤形成等），生态系统的环境效益（包括改良减缓干旱和洪涝灾害，调节气候，净化空气，废物处理等）和生态系统的娱乐价值（休闲、娱乐，文化、艺术素养，生态美学等）（表 8.1）。

表 8.1 生态系统效益和生态系统功能

生态系统效益	生态系统功能	举 例
气体调节	调节大气化学组成	CO_2/O_2 平衡、O_3 防护 UV B 和 SO_x 水平
气候调节	对气温、降水的调节以及对其他气候过程的生物调节作用	温室气体调节以及影响云形成的 DMS（硫化二甲酯）生成
干扰调节	对环境波动的生态系统容纳、延迟和整合能力	防止风暴、控制洪水、干旱恢复及其他由植被结构控制的生境对环境变化的反应能力

续表

生态系统效益	生态系统功能	举 例
水分调节	调节水文循环过程	农业、工业或交通的水分供给
水分供给	水分的保持与储存	集水区、水库和含水层的水分供给
侵蚀控制和沉积物保持	生态系统内的土壤保持	风、径流和其他运移过程的土壤侵蚀和在湖泊、湿地的累积
土壤形成	成土过程	岩石风化和有机物质的积累
养分循环	养分的获取、形成、内部循环和存储	固氮和 N、P 等元素的养分循环
废弃物处理	流失养分的恢复和过剩养分、有毒物质的转移与分解	废弃物处理、污染控制和毒物降解
授粉	植物配子的移动	植物种群繁殖授粉者的供给
生物控制	对种群的营养级动态调节	关键种捕食者对猎物种类的控制、顶级捕食者对食草动物的消减
庇护	为定居和临时种群提供栖息地	迁徙种的繁育和栖息地、本地种区域栖息地或越冬场所
食物生产	总初级生产力中可提取的食物	鱼、猎物、作物、果实的捕获与采集，给养的农业和渔业生产
原材料	总初级生产力中可提取的原材料	木材、燃料和饲料的生产
遗传资源	特有的生物材料和产品的来源	药物、抵抗植物病原和作物害虫的基因、装饰物种(宠物和园艺品种)
休闲	提供休闲娱乐	生态旅游、体育、钓鱼和其他户外休闲娱乐活动
文化	提供非商业用途	生态系统美学的、艺术的、教育的、精神的或科学的价值

1. 有机质的生产与生态系统产品

生态系统通过第一性生产与次级生产，合成与生产了人类生存所必需的有机质及其产品。据统计，每年各类生态系统为人类提供粮食 18×10^8 t，肉类约 6×10^8 t，同时海洋还提供鱼类约1×10^8 t。生态系统还为人类提供了木材、纤维、橡胶、医药资源，以及其他工业原料。生态系统还是重要的能源来源，据估计，全世界每年约有 15%的能源取自生态系统，在发展中国家更是高达 40%。

2. 生物多样性的产生与维持

生物多样性是指从分子到景观各种层次生命形态的集合。生态系统不仅为各类生物物种提供繁衍生息的场所，而且还为生物进化及生物多样性的产生与形成提供了条件。同时，生态系统通过生物群落的整体创造了适宜于生物生存的环境。同物种不同的种群对气候因子的扰动与化学环境的变化具有不同的抵抗能力，多种多样的生态系统为不同种群的生存提供了场所，从而可以避免某一环境因子的变动而导致物种的绝灭，并保存了丰富的遗传基因信息。

生态系统在为维持与保存生物多样性的同时，还为农作物品种的改良提供了基因库。据研究，人类已知约有 80 000 种植物可以食用，而人类历史上仅利用了 7 000 种，只有 150 种粮

食植物被人类广泛种植与利用，其中 82 种作物提供了人类 90%的食物。那些尚未被人类驯化的物种，都由生态系统所维持，它们既是人类潜在食物的来源，还是农作物品种改良与新的抗逆品种的基因来源。

生态系统还是现代医药的最初来源，最新研究表明，在美国用途最广泛的 150 种医药中，118 种来源于自然，其中 74%源于植物，18%来源于真菌，5%来源于细菌，3%来源于脊椎动物。在全球，约有 80%的人口依赖于传统医药，而传统医药的 85%是与野生动植物有关的。

3. 调节气候

从人类诞生以来，地球气候变化比较剧烈，在 20 000 年前的冰期，地球上大多数陆地仍覆盖着厚厚的冰盖。尽管近 10 000 年来，全球气候比较稳定，但其周期性的变化，仍极大地影响了人类活动与人口分布，甚至在 1550～1850 年间，欧洲发生了所谓的小冰期，气温明显降低。气候对地球上生命进化与生物的分布起着主要的作用，尽管一般认为地球气候的变化主要是受太阳黑子及地球自转轨道变化影响。但生物本身对全球气候的调节也起着重要的作用，例如，生态系统通过固定大气中的 CO_2 而减缓地球的温室效应。生态系统对区域性的气候具有直接的调节作用，植物通过从发达的根系从地下吸收水分，再通过叶片蒸腾，将水分返回大气，大面积的森林蒸腾，可以导致雷雨，从而减少了该区域水分的损失，而且还降低气温，如在亚马逊河流域，50%的年降水量来自于森林蒸腾。

4. 减轻洪涝与干旱灾害

每年，地球上总降水量约 11.9×10^{12} m^3，大多数雨水首先由土壤吸收，然后再由植物利用，或转入地下水。如果没有生态系统的作用，雨水直接降到裸露的地面，不仅大大减少土壤对水分的吸收量，使地面径流增加，还将导致土壤与营养物的流失。据研究，喜马拉雅山大范围的森林砍伐加剧了孟加拉国的洪涝灾害，在非洲，大范围的干旱可能也与大规模的森林砍伐有关。中国 1998 年长江全流域洪涝灾害的形成与中上游植被及中游湖泊减少、水源涵养能力下降、水土流失加剧的密切关系，已为人们所广泛认识。水土流失的发生不仅使土壤生产力下降，降低雨水的可利用性，还造成下游可利用水资源量减少，水质下降。河道、水库淤积，降低发电能力，增加洪涝灾害发生的可能性。在全球，仅水土流失导致水库淤积所造成的损失约 60 亿美元。湿地洪水的作用已为人们所熟知，泛洪区的森林不仅能减缓洪水速度，还能加速泥沙的沉积，减少泥沙进入河道、湖泊与海洋。

5. 土壤的生态服务功能

土壤是一个国家财富的重要组分，但这份通过成千上万年积累形成的财富，几年的时间就可以流失殆尽。在世界历史上，肥沃的土壤养育了早期的文明，也有的古代文明也因土壤生产能力的丧失而衰落，在今天，世界约有 20%的土地由于人类活动的影响而退化。除在水分循环中的作用外，土壤的生态服务功能至少可以归纳为以下五方面：

(1) 为植物的生长发育提供场所，植物种子在土壤中发芽，扎根，生长，开花结果，在土壤的支撑下，完成其生命周期。

(2) 为植物保存并提供养分，土壤中带负电荷的微粒可吸附可交换的营养物质，以供植物吸收。如果没有土壤微粒营养物将会很快淋失。同时，土壤还作人工施肥的缓冲介质，将营养物离子吸附在土壤中，在植物需要时释放。

(3) 土壤在有机质的还原中起着关键作用。同时，在还原过程中，还将许多人类潜在的病原物无害化。人类每年产生的废弃物约 1300×10^8 t，其中约 30%是源于人类活动，包括生活

垃圾、工业固体废弃物、农作物残留物以及人与各种家畜的有机废弃物。有幸的是，自然界拥有一系列的还原者，从秃鹰到细菌，它们能从各种废弃物的复杂有机大分子中摄取能量。不同种类的微生物像流水线上的工人，各自分解某种特定的化合物，并合成新的化合物，再由其他微生物利用，直至还原成最简单的无机化合物。许多工业废弃物，如肥皂、农药、油、酸等都能被生态系统中的微生物无害化与降解。

(4) 由有机质还原形成简单无机物最终作为营养物返回植物，有机质的降解与营养物的循环是同一过程的两个方面。土壤肥力，即土壤为植物提供营养物的能力，很大程度上取决于土壤中的细菌、真菌、藻类、原生动物、线虫、蚯蚓等各种生物的活性。细菌可以从大气中摄取氮，并将其转换成植物可以利用的化学形态。在 1 hm^2 土地中的蚯蚓每年可以加工 10 余吨有机物，从而大大改善土壤的肥力及其理化性质。

(5) 土壤在氮、碳、硫等大量营养元素的循环中起着关键作用，如，与土壤中碳的储量相比，植物的作用相形见绌。据估算，土壤碳的储量是全部植物中碳总储量的 18 倍，而土壤中氮的储量更是植物中总量的 19 倍。

6. 传粉与种子的扩散

大多数显花植物需要动物传粉才得以繁衍。据研究，在全世界已记载的 24 万种显花植物中，有 22 万种需要动物传粉。如果没有动物的传粉，不仅会导致农作物大幅度的减产，还会导致一些物种的绝灭。据记载，已发现传粉动物约 10 万种，包括鸟、蝙蝠与昆虫。动物在为植物传粉的同时，也取得自身生长发育繁殖所需要的食物与营养。动物还是植物扩散的主要载体之一。

7. 有害生物的控制

与人类争夺食物、木材、棉花及其他农林产品的生物，统称为有害生物。据估计，每年有 25%以上的农产品被这些有害生物消耗，同时，还有成千上万杂草直接与农作物争水、光和土壤营养。据估计，农作物 99%的潜在有害生物能得到自然天敌的有效控制，从而给人类带来了巨大的经济效益。由于化学农药的大量使用，对农药产生抗性的害虫越来越多，农药使用剂量也在不断提高。农药的大量使用，不仅导致严重地污染了环境，对人类健康造成潜在威胁，而且还减少了害虫的自然控制能力，加剧了次要害虫的爆发。

8. 环境净化

陆地生态系统的生物净化作用包括植物对大气污染的净化作用和土壤-植物系统对土壤污染的净化作用。植物净化大气主要是通过叶片的作用实现的。绿色植物净化大气的作用主要有两方面：

(1) 吸收 CO_2、放出 O_2 等，维持大气环境化学组成的平衡。

(2) 在植物抗生范围内能通过吸收而减少空气中硫化物、氮化物、卤素等有害物质的含量。

SO_2 在有害气体中数量最多，分布最广，危害较大。一般生长在 SO_2 污染地区植物叶中 SO_2 的含量比周围正常叶子的含硫量高 5～10 倍。只要不超过一定的限度，植物不出现伤害症状，植物为大气的天然净化器。据研究，当污染源附近的 SO_2 浓度为 0.27 mg/m^3 时，在距污染源 1000～1500 m 处，非绿化带浓度为 0.16 mg/m^3，绿化带浓度为 0.08 mg/m^3，比非绿化带低 0.08 mg/m^3。

粉尘是大气污染的重要污染物之一，植物特别是树木对烟灰、粉尘有明显的阻挡、过滤和

吸附作用。研究发现，每公顷树木年阻尘量分别为云杉 32 t/hm²、松树 34.4 t/hm²、水青岗 68 t/hm²。树木的减尘、滞尘作用可以使空气得到某种程度上的净化，因其形体高大、枝叶茂盛，具有降低风速的作用，可使大粒的灰尘因风速减小而沉降于地面，叶表面因为粗糙不平、多绒毛，有油脂和黏性物质，又能吸附、滞留、粘着一部分粉尘，从而使含尘量相对减少。研究表明，在一个生长季节里，水泥厂附近的黑松林每公顷可滞尘 44 kg。

（三）生态系统服务功能的价值评估

1. 生态系统服务功能的价值分类

生态系统服务功能的价值可以分为直接利用价值、间接利用价值、选择价值与存在价值 4 个类型。评估方法因功能类型不同而异。

（1）直接利用价值

主要是指生态系统产品所产生的价值，它包括食品、医药及其他工农业生产原料，景观娱乐等带来的直接价值。直接使用价值可用产品的市场价格来估计。

（2）间接利用价值

主要是指无法商品化的生态系统服务功能，如，维持生命物质的生物地化循环与水文循环，维持生物物种与遗传多样性，保护土壤肥力，净化环境，维持大气化学的平衡与稳定等支撑与维持地球生命支持系统的功能。间接利用价值的评估常常需要根据生态系统功能的类型来确定，通常有防护费用法、恢复费用法、替代市场法等。

（3）选择价值

选择价值是人们为了将来能直接利用与间接利用某种生态系统服务功能的支付意愿。例如，人们为将来能利用生态系统的涵养水源、净化大气以及游憩娱乐等功能的支付意愿。人们常把选择价值喻为保险公司，即人们为自己确保将来能利用某种资源或效益而愿意支付的一笔保险金。选择价值又可分为三类：即自己将来利用；子孙后代将来利用，又称之为遗产价值；别人将来利用，也称之为替代消费。

（4）存在价值

存在价值亦称内在价值，是人们为确保生态系统服务功能能继续存在的支付意愿。存在价值是生态系统本身具有的价值，是一种与人类利用无关的经济价值。换句话说，即使人类不存在，存在价值仍然有，如生态系统中的物种多样性与涵养水源能力等。存在价值是介于经济价值与生态价值之间的一种过渡性价值，它可为经济学家和生态学家提供共同的价值观。

2. 生态系统服务功能价值评估方法

根据生态经济学、环境经济学和资源经济学的研究成果，生态系统服务功能经济价值评估的方法可分为两类：一类是替代市场技术，它以“影子价格”和消费者剩余来表达生态服务功能的经济价值，评价方法多种多样，其中有费用支出法、市场价值法、机会成本法、旅行费用法和享乐价格法；另一类是模拟市场技术（又称假设市场技术），它以支付意愿和净支付意愿来表达生态服务功能的经济价值，其评价方法只有一种，即条件价值法。这里，主要介绍目前常用的条件价值法、费用支出法与市场价值法。

（1）条件价值法

也称调查法和假设评价法，它是生态系统服务功能价值评估中应用最广泛的方法之一。适用于缺乏实际市场和替代市场交换的商品的价值评估，是“公共商品”价值评估的一种特有

的重要方法，它能评价各种生态系统服务功能的经济价值，包括直接利用价值、间接利用价值、存在价值和选择价值。

支付意愿可以表示一切商品价值，也是商品价值的惟一合理表达方法。西方经济学认为：价值反映了人们对事物的态度、观念、信仰和偏好，是人的主观思想对客观事物认识的结果；支付意愿是“人们一切行为价值表达的自动指示器”，因此商品的价值可表示为：

商品的价值＝人们对该商品的支付意愿

支付意愿＝实际支出＋消费者剩余

对于商品，由于商品有市场交换和市场价格，其支付意愿的两个部分都可以求出。实际支出的本质是商品的价格，消费者剩余可以根据商品的价格资料用公式求出。因此，商品的价值可以根据其市场价格资料来计算。理论和实践都证明：对于有类似替代品的商品，其消费者剩余很小，可以直接以其价格表示商品的价值。对于公共商品而言，由于公共商品没有市场交换和市场价格。因此，支付意愿的两个部分（实际支出和消费者剩余）都不能求出，公共商品的价值也因此无法通过市场交换和市场价格估计。

目前，西方经济学发展了假设市场方法，即直接询问人们对某种公共商品的支付意愿，以获得公共商品的价值，这就是条件价值法。条件价值法属于模拟市场技术方法，它的核心是直接调查咨询人们对生态服务功能的支付意愿，并以支付意愿和净支付意愿来表达生态服务功能的经济价值。在实际研究中，从消费者的角度出发，在一系列的假设问题下，通过调查、问卷、投标等方式来获得消费者的支付意愿和净支付意愿，综合所有消费者的支付意愿和净支付意愿来估计生态系统服务功能的经济价值。

（2）费用支出法

费用支出法是从消费者的角度来评价生态服务功能的价值。费用支出法是一种古老又简单的方法，它以人们对某种生态服务功能的支出费用来表示其经济价值。例如，对于自然景观的游憩效益，可以用游憩者支出的费用总和（包括往返交通费、餐饮费用、住宿费、门票费、入场券、设施使用费、摄影费用、购买纪念品和土特产的费用、购买或租借设备费以及停车费和电话费等所有支出的费用）作为森林游憩的经济价值。

（3）市场价值法

市场价值法与费用支出法类似，但它可适合于没有费用支出的但有市场价格的生态服务功能的价值评估。例如，没有市场交换而在当地直接消耗的生态系统产品，这些自然产品虽没有市场交换，但它们有市场价格，因而可按市场价格来确定它们的经济价值。市场价值法先定量地评价某种生态服务功能的效果，再根据这些效果的市场价格来评估其经济价值。在实际评价中，通常有两类评价过程。

理论效果评价法 可分为3个步骤：

● 计算某种生态系统服务功能的定量值，如涵养水源的量、二氧化碳固定量、农作物的增产量；

● 研究生态服务功能的“影子价格”，如涵养水源的定价可根据水库工程的蓄水成本，固定二氧化碳的定价可以根据二氧化碳的市场价格；

● 计算其总经济价值。

环境损失评价法 这是与环境效果评价法类似的一种生态经济评价方法。例如，评价保护土壤的经济价值时，用生态系统破坏所造成的土壤侵蚀量及土地退化、生产力下降的损失来

估计。理论上,市场价值法是一种合理方法,也是目前应用最广泛的生态系统服务功能价值的评价方法。但由于生态系统服务功能种类繁多,而且往往很难定量,实际评价时仍有许多困难。

8.3 生态系统安全及其评价

生态系统安全是保证生态系统服务功能的前提。一个生态系统只有保持了结构和功能的完整性,并具有抵抗干扰和恢复能力,才能长期为人类社会提供服务。因此,生态系统安全是人类社会可持续发展的根本保证。

(一) 生态系统安全的提出与发展

在国外,生态安全评价(ecological security assessment)是随着生态风险评价(ecological risk assessment)和生态系统健康评价(ecosystem health assessment)发展起来的。

安全是风险的反函数,通常指评价对象对于期望值状态的保障程度,或防止非理想的不确定性事件发生的可靠性。生态安全(ecological security)是近年来新提出的概念,有广义和狭义的两种理解。前者以国际应用系统分析研究所(IASA,1989)提出的定义为代表,是指在人的生活、健康、安乐、基本权利、生活保障来源、必要资源、社会秩序和人类适应环境变化的能力等方面不受威胁的状态,包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全,组成一个复合人工生态安全系统。狭义的生态安全是指自然和半自然生态系统的安全,即生态系统完整性和健康的整体水平反映。

通常认为,功能正常的生态系统可称为健康系统,它是稳定的和可持续的,在时间上能够维持它的组织结构和自治,以及保持对胁迫的恢复力。反之,功能不完全或不正常的生态系统,即不健康的生态系统,其安全状况则处于受威胁之中。一般来说,生态安全可定义为人类在生产、生活与健康等方面不受生态破坏与环境污染等影响的保障程度,包括饮用水与食物安全、空气质量与绿色环境等基本要素。

如果说生态系统健康诊断是对所研究的特定生态系统质量与活力的客观分析,那么生态安全研究则是从人类对自然资源的利用与人类生存环境辨识的角度来分析与评价自然和半自然的生态系统,因而它带有某种先验性:

(1) 所研究的对象具有特定性和针对性,主要发生在生态脆弱区。

(2) 生态安全的评价标准具有相对性和发展性,不同国家和地区或者不同的时代(发展阶段),其标准会有所不同。

(3) 生态安全的研究要体现人类活动的能动性,在分析、评价的基础上,还要研究如何建立生态安全保障体系。

(二) 生态风险评价

生态风险(Ecological Risk,简称 ER)是指生态系统及其组分所承受的风险,指在一定区域内,具有不确定性的事故或灾害对生态系统及其组分可能产生的作用,这些作用的结果可能导致生态系统结构和功能的损伤,从而危及生态系统的安全和健康。生态系统受外界胁迫,从而在目前和将来减小该系统内部某些要素或其本身的健康、生产力、遗传结构、经济价值和美

学价值的可能性。

1. 生态风险评价缘起

生态安全研究是从生态风险分析(ecological risk analysis)发展而来。生态风险评价是近十几年逐渐兴起并得到发展的一个研究领域。它的产生是适应了20世纪80年代出现的环境管理目标和环境管理观念的转变。在70年代,各工业化国家的环境管理政策目标是力图完全消除所有的环境危害,或将危害降到当时技术手段所能达到的最低水平。这种"零风险"的环境管理逐渐暴露出其弱点,进入80年代后,产生了风险管理这一全新的环境政策。风险管理观念着重权衡风险级别与减少风险的成本,解决风险级别与一般被社会所能接受的风险之间的关系。生态风险评价因能为风险管理提供科学依据与技术支持而得到迅速发展。

生态风险评价的定义和程序表述较多,基本上都以美国环保局(Environmental Protection Agency,简称EPA)提出的《生态风险评价大纲》和美国国家科学院的《风险评价问题》作为标准。它提出的风险源、暴露反映关系等概念和研究方法对生态安全理论与方法的完善具有指导意义。

美国国家环境保护局对生态风险评价的定义为:对由于一种或多种应力(物理、化学或生物应力等)接触的结果而发生或正在发生的负面生态影响概率的评估过程。生态风险评价是一个获取和分析生态环境数据、提取信息的过程,通过对各种假设和不确定因素的分析,得出生态朝逆向转变的可能性的评估。

2. 生态风险产生的原因

生态风险产生的原因包括自然的、社会经济的与人们生产实践的诸种因素。其中,自然的因素如全球气候变化引起的水资源危机、土地沙漠化与盐渍化等;社会经济方面的包括市场因素、资金的投入产出因素、流通与营销、产业结构布局等因素;人类生产实践包括传统经营方式和技术产生的生态风险,资源开发利用方面的风险因素等。

当前,生态风险问题在自然资源综合开发中尤为突出,如自然资源的保护性利用中资源储量耗损率的确定、资源利用方式与对策的确定、资源价格和投资形式等的确定,都是在信息不完全的基础上选择,需要进行风险决策分析。

3. 生态风险的特点

生态风险除了具有一般意义上"风险"的涵义外,还具有如下特点:

(1) 不确定性

生态系统具有哪种风险和造成这种风险的灾害(即风险源)是不确定的。人们事先难以准确预料危害性事件是否会发生以及发生的时间、地点、强度和范围,最多具有这些事件先前发生的概率信息,从而根据这些信息去推断和预测生态系统所具有的风险类型和大小。不确定性还表示在灾害或事故发生之前对风险已经有一定的了解,而不是完全未知。如果某一种灾害以前从未被认知,评价者就无法对其进行分析,也就无法推断它将要给某一生态系统带来何种风险了。风险是随机性的,具有不确定性。

(2) 危害性

生态风险评价所关注的事件是灾害性事件,危害性是指这些事件发生后的作用效果对风险承受者(这里指生态系统及其组分)具有的负面影响。这些影响将有可能导致生态系统结构和功能的损伤,生态系统内物种的病变,植被演替过程的中断或改变,生物多样性的减少等。虽然某些事件发生以后对生态系统或其组分可能具有有利的作用,如台风带来降水缓解了旱

情等,但是,进行生态风险评价时将不考虑这些正面的影响。

(3) 内在价值性

生态风险评价的目的是评价具有危害和不确定性事件对生态系统及其组分可能造成的影响,在分析和表征生态风险时应体现生态系统自身的价值和功能。这一点与通常经济学上的风险评价以及自然灾害风险评价不同,在这些评价中,通常将风险用经济损失来表示,但针对生态系统所作的生态风险评价是不可以将风险值用简单的物质或经济损失来表示的。固然生态系统中物质的流失或物种的灭绝必然会给人们造成经济损失,但生态系统更重要的价值在于其本身的健康、安全和完整,正如某一物种灭绝了,很难说这一事件给人类造成了多大的经济损失,但是用再多的经济投入也是不可挽救的。因此,分析和表征生态风险一定要与生态系统自身的结构和功能相结合,以生态系统的内在价值为依据。

(4) 客观性

任何生态系统都不可能是封闭的和静止不变的,它必然会受诸多具有不确定性和危害性因素的影响,也就必然存在风险。由于生态风险对于生态系统来说是客观存在的,所以,人们在进行区域开发建设等活动,尤其是涉及到影响生态系统结构和功能活动的时候,对生态风险要有充分的认识,在进行生态风险评价时也要有科学严谨的态度。

4. 生态风险评价的内容

当前有关生态风险评价的研究主要是评价污染物可能给生态系统及其组分带来的概率损失,各学者对生态风险评价的定义也以污染物作为主要的风险源。然而,环境中对生态系统具有危害作用且具有不确定性的因素不仅仅只是污染物,各种灾害(包括自然灾害和人为灾害),如洪水、干旱、地震、滑坡、火灾和核泄漏等,对人类生存和生态系统的结构、功能都存在极大的威胁,一旦发生必然会对生态系统造成损害,从而危及生态系统及其内部组分的安全和健康,因而它们也是生态系统的风险源。

生态风险评价要利用生物学、毒理学、生态学、环境学、地理学等多学科的综合知识,采用数学、概率论等风险分析的技术手段来预测、评价具有不确定性的灾害或事故对生态系统及其组分可能造成的损伤。一般说来,生态风险评价包括4个部分:风险源分析(risk sources analysis)、暴露分析(exposure effect)、危害分析(damage analysis)和受体分析(casualty analysis)。

(1) 风险源分析

"风险源分析"是指对区域中可能对生态系统或其组分产生不利作用的干扰进行识别、分析和度量。又可分为风险识别和风险源描述两部分。根据评价目的找出具有风险的因素,即进行风险识别。区域生态风险评价所涉及的风险源可能是自然或人为灾害,也可能是其他社会、经济、政治、文化等因素,只要它具有可能产生不利的生态影响并具有不确定性,即是区域生态风险评价所应考虑的。风险源分析还要求对各种潜在风险源进行定性、定量和分布的分析,以便对各种风险源有更为深入的认识。

(2) 暴露分析

"暴露分析"是研究各风险源在评价区域中的分布、流动及其与风险受体之间的接触暴露关系。如在水生态系统的生态风险评价中,暴露分析就是研究污染物进入水体后的迁移、转化过程,方法一般用数学或物理模型。区域生态风险评价的暴露分析相对较难进行,因为风险源与受体都具有空间分异的特点,不同种类和级别的影响会复合叠加,从而使风险源与风险受

体之间的关系更加复杂。

(3) 危害分析

"危害分析"是和暴露分析相关联的,它是区域生态风险评价的核心部分,其目的是确定风险源对生态系统及其风险受体的损害程度。传统的局地生态风险评价在评价污染物的排放时,多采用毒理实验外推技术,将实验结果与环境监测结合起来评价污染物对生物体的危害。有关区域风险评价的危害分析,显然难以用实验室进行观测,而只能根据长期的野外观测,结合其他学科的相关知识进行推测与评估。

(4) 受体分析

"受体"即风险承受者,在风险评价中指生态系统中可能受到来自风险源的不利作用的组成部分,它可能是生物体,也可能是非生物体。生态系统可以分为不同的层次和等级,在进行区域生态风险评价时,通常经过判断和分析,选取那些对风险因子的作用较为敏感或在生态系统中具有重要地位的关键物种、种群、群落乃至生态系统类型作为风险受体,用受体的风险来推断、分析或代替整个区域的生态风险。恰当地选取风险受体,可以在最大程度上反映整个区域的生态风险状况,又可达到简化分析和计算、便于理解和把握的目的。

(三) 生态系统健康评价

1. 生态系统健康的缘起

"生态系统健康"(ecosystem health)这一概念,是在全球生态系统已普遍出现退化的背景下,产生于20世纪70年代末。作为生态系统研究的一个新领域,是当今生态学最有活力的一个前沿。相对于人类和生物个体的健康诊断,Rapport(拉波德,1979)等提出了"生态系统医学"(Ecosystem Medicine),旨在将生态系统作为一个整体进行评估;随后,逐步发展形成了"生态系统健康"概念及其评价。Schaeffer(施切夫,1988)等将生态系统健康定义为"没有疾病",并提出了进行评价的原则及方法。Karr(卡尔,1993)认为,由于人类的过度干扰造成了生态系统的退化,生态系统健康就是"生态完整性",并率先在对河流的评价中建立和使用了"生物完整性指标"。Rapport(1989)认为,"生态系统健康"的概念应该与人类的可持续发展联系在一起,其"健康"的目标在于为人类的生存和发展提供持续和良好的生态系统服务能,在这个意义上,生态系统健康就是生态系统的可持续性。Costanza(科斯坦扎,1992)认为,生态系统健康的定义是"没有受压症状,……是稳定和具有持续性的,……具有活力的,并能在一段时间内保持其组织和自我管理,对压力具有恢复力",它应该由"活力"、"组织结构"和"恢复力"三方面构成。

发展至今,生态系统健康的概念已不单纯是一个生态学上的定义,而是一个将生态-社会经济-人类健康三个领域整合在一起的综合性定义。Rapport(1998)等将生态系统健康的概念总结为"以符合适宜的目标为标准来定义的一个生态系统的状态、条件或表现"。即,生态系统健康应该包含两方面内涵:满足人类社会合理要求的能力和生态系统本身自我维持与更新的能力。前者是后者的目标,而后者是前者的基础。

2. 生态系统健康的特点

健康的生态系统具有以下特征:

(1) 不受对生态系统有严重危害的生态系统胁迫综合症的影响;

(2) 具有恢复力,能够从自然的或人为的正常干扰中恢复过来;

(3) 在没有或几乎没有投入的情况下,具有自我维持能力;

(4) 不影响相邻系统,也就是说,健康的生态系统不会对别的系统造成压力;

(5) 不受风险因素的影响;

(6) 在经济上可行;

(7) 维持人类和其他有机群落的健康,生态系统不仅是生态学的健康,而且还包括经济学的健康和人类健康。

3. 生态系统健康评价指标

Rapport 等(1985)提出以"生态系统危险症状"作为生态系统非健康状态的指标,包括:系统营养库、初级生产力、生物体型分布、物种多样性等方面的下降,因而出现了系统退化。具体表现为:生物贫乏,生产力受损,生物组成趋向于机会种,恢复力下降,疾病流行增加,经济机会减少,对人类和动物健康产生威胁等(Rapport,1998)。

Costanza(1992,1998)从系统可持续性能力的角度,提出了描述系统状态的3个指标:活力、组织和恢复力及其综合评价。具体评价途径是:活力可由生态系统的生产力、新陈代谢等直接测量出来;组织由多样性指数、网络分析获得的相互作用信息等参数表示;而恢复力则由模拟模型计算。这是目前被普遍接受的生态系统健康指标,同时也较为全面,并与生态系统健康的概念和原则较为相符。

针对当今生态系统退化的主要原因被认为是人类的干扰活动,很多学者认为生态系统健康就是生态完整性。Karr(1993)应用生物完整性指数,通过对鱼类类群的组成与分布、种多度以及敏感种、耐受种、固有种和外来种等方面变化的分析,来评价水体生态系统的健康状态。

Jorgensen 等(约根森等,1995)提出使用活化能、结构活化能和生态缓冲量来评价生态系统健康。活化能是与环境达成平衡状态时,生态系统所能做的功,由生态系统进行有序化过程的能力来体现;结构活化能是生态系统中的某一种有机体成分相对于整个系统所具有的活化能,而生态缓冲量是生态系统的强制函数与状态变量(活化能与结构活化能)之比。即:体现生态系统的组织水平的活化能、结构活化能与生态缓冲量将随着生态系统的发展与稳定而升高,故它们能从能量角度将 Costanza 的3个评价指标结合在一起,从整体上对系统状态进行衡量。

通常,生态系统健康的评价指标包括活力、恢复力、组织结构、维持生态系统服务、管理的选择、减少投入、对相邻系统的危害和人类健康影响等8个方面。将这些指标应用到自然系统、社会经济和人类健康等方面,进行生态系统健康的评价。

(1) 活力

活力是指能量或活动性。在生态系统背景下,活力指根据营养循环和生产力所能够测量的所有能量。但并不是能量越高的系统就越健康,如在一个水体生态系统中,由于土地的失调和土地养分的流失,造成水体中有过多的营养成分,但并不能认为它就是健康的。

(2) 恢复力

恢复力是指系统在外界压力消失的情况下逐步恢复的能力。这种能力在别处也称为"抵抗力",通过系统受干扰后能够返回的能力来测量。受干扰后生态系统恢复可以提供测量恢复力的方法。例如,为了证实受胁迫的生态系统的恢复力弱于没有受胁迫的生态系统的恢复力这个假说,在新墨西哥西南的一个半干旱的草原上进行了野外检验。在一口深井附近,通过放

牧和牲畜的践踏设计了一个不同梯度压力，经过几次干旱后的草原的恢复与离井的距离呈正相关，离井远的地方（受干扰小的地方）恢复速度快。

(3) 组织结构

组织结构是指生态系统结构的复杂性。组织结构随系统的不同而发生变化。但一般的趋势是根据物种的多样性及其相互作用（如共生、互利共生和竞争）的复杂性，而组织结构趋于复杂。在同一个生态系统中，生物成分和非生物成分是相互依存的。如果在受到干扰的情况下，这些趋势就会发生逆转。胁迫生态系统一般表现为减少物种多样性，共生关系减弱以及外来种的入侵机会增加。

(4) 维持生态系统服务

维持生态系统服务指的是服务于人类社会的功能，如涵养水源、水体净化、提供娱乐、减少土壤侵蚀，它越来越成为评价生态系统健康的一个关键性的指标。一般的胁迫将会从数量和质量上减少这些生态服务，而健康的生态系统将会更充分地提供这些生态服务。

(5) 管理的选择

健康的生态系统支持许多潜在的服务功能，如提供可更新资源、娱乐、提供饮用水等。退化的生态系统不再具有这些服务功能。例如半干旱的草原曾经在畜牧放养方面发挥很重要的作用，同时，由于植被的缓冲作用而减少水土流失；由于过度放牧，许多这样的景观正逐步退化成灌木或沙丘，要有过去那种放牧的牲畜量已不再可能。

(6) 减少投入

健康的生态系统不需要另外的投入来维持其生产力。因此，生态系统健康的指标之一是减少额外的物质和能量的投入来维持自身的生产力。一个健康的生态系统具有尽量减少每单位产出的投入量（至少是不增加），不增加人类健康的风险等特征。

(7) 对相邻系统的危害

有许多生态系统是以别的系统为代价来维持自身系统的发展。如废弃物排放进入相邻系统，污染物排放，农田流失（包括养分、有毒物质、悬浮物）等，造成了胁迫因素的扩散，增加了人类健康风险，降低了地下水水质，丧失了娱乐休闲的功能。

(8) 人类健康影响

生态系统的改变能够影响人类健康，人类健康本身是个很好的测量生态系统健康的指标，健康的生态系统应该有能力维持人类的健康。

4. 生态系统健康评价

20世纪90年代初，加拿大便开展对五大湖区的生态健康诊断，之后美国也进行了全国性的生态系统健康评价。从生态系统的观点出发，一个健康的生态系统是稳定和可持续的，在时间上能够维持它的组织结构和自我调节，并能维持对胁迫的恢复能力。因此，生态系统的健康评价可以从活力、组织结构和恢复力等3个主要的特征来评价。

生态系统健康评价可参考人类健康检查进行。医学诊断的程序一般是：

(1) 医生检查并确定症状；

(2) 检测症状的主要指标；

(3) 做出初步诊断，进行进一步检测；

(4) 根据以上检测报告综合判断；

(5) 开处方，提出治疗方案。

这样的健康检测和评估模式基本上可应用于生态系统。遗憾的是,现在并没有完整的生态系统疾病史及其造成病症的胁迫资料作为依据。Rapport 提出了生态系统和土壤健康的若干指标,而且提出了生态系统的敏感性指标,同时发展了活力、组织结构和恢复力的测量及预测公式,利用这些公式计算出的结果即为生态系统健康的程度。Costanza 等提出了生态系统健康度量的标准,对各组分进行加权,考虑了每一组分对整个系统功能的相对重要性的评估,这个评估就合成为价值。随着人们对生态系统更加深入地了解和认识,这个价值就能从主观的、表面的数量化中转化为较客观的、更本质的丰富内涵。表 8.2 列出了生态系统健康度量指标的有关概念和度量方法。

表 8.2 生态系统健康度量成分、有关概念及方法

健康的成分	有关概念	相关度量*	起源领域	可行的方法
活力	功能	GPP,NPP	生态学	度量法
	生产力	GNP	经济学	
	通过量	新陈代谢	生物学	
组织结构	结构	多样性指数	生态学	网络分析
	生物多样性	平均互信息可预测性	生态学	
恢复力		生长范围	生态学	模拟模型
联合性		优势	生态学	

* GPP,Gross Primary Productivity(总初级生产量);NPP,Net Primary Productivity(净初级生产力);GNP,Gross National Product(国民生产总值)。

本表引自:Costanza *et al*,1992

生态系统健康指数(Health Index,简称 HI)的初步形式为

$$HI = V \times O \times R$$

式中,HI 为系统健康指数,也是可持续性的一个度量;V 为系统活力,是系统活力、新陈代谢和初级生产力主要标准;O 为系统组织指数,是系统组织的相对程度 0~1 间的指数,包括它的多样性和相关性;R 为系统恢复力,是系统弹性的相对程度 0~1 间的指数。

从理论上说,根据上述 3 个方面指标进行综合运算就可确定一个生态系统健康状况。但实际操作中常常是很复杂的,因为每个生态系统都有许多组分、结构和功能,各有一套独立的系统,许多功能、指标都难以匹配。因此,必须对每个生态系统的健康成分单位加以具体度量;同时生态系统是动态的,条件在变,新条件下生态系统内敏感物种能动性也发生相应变化;而且生态健康的度量本身往往因人而异。

8.4 生态足迹

人类,无论是个人、社团和国家对其赖以生存的地球均有一定的影响,因为他们要消耗自然的产物和服务。其生态影响可以量化成为生存而占有的自然总量,这也是生态足迹的基本出发点。由于生活方式与生活水平的不同,每个人所占有的自然总量是不一样的,很难且没有必要逐个予以计算,但从全球的角度出发,或以国家或地区为单位来进行计算还

是可能的。

(一) 生态足迹研究的背景

可持续发展作为一种全新的发展理念和模式，对世界各国可持续发展程度进行度量，一方面是世界性可持续发展合作的重要基础，另一方面又成为诊断区域开发及其是否健康运行的标准。而要衡量一个区域是否实现可持续发展，就必须定量研究区域的发展状况以及对区域之间的发展做一比较，即定量测度发展的可持续状态。由于传统的国民经济账户指标 GDP 在测度发展的可持续性方面存在明显局限，使得这一研究领域长期以来成为理论界的一个难点。

继 1992 年里约热内卢联合国环境与发展大会之后，一些国际组织及有关学者就开始了致力于可持续发展程度的研究，努力探寻能定量衡量国家或地区发展的可持续性指标。中国国家及各层次的可持续发展的指标体系研究也正在不断深入，如中国科学院可持续发展研究组(1999)提出的"中国可持续发展指标体系"、山东省可持续发展指标体系等。20 世纪 90 年代以来，国际上又相继提出了一些直观的、较易于定量评价的方法及模型，如 Daly(戴利)和 Cobb(科布)提出的"可持续经济福利指数"，Cobb 等提出的"真实发展指标"，Prescoll-Allen(普雷斯科尔-艾伦)的"可持续性的晴雨表"模型等，生态足迹模型就是其中最具代表性的一种。

生态足迹最早是由加拿大生态经济学家 Willam Rees *et al*(W. 里斯等)在 1992 年提出，并在 1996 年由其博士生 Wackernagel(瓦克纳格勒)完善的一种衡量人类对自然资源利用程度以及自然界为人类提供的生命支持服务功能的方法。该方法通过估算维持人类的自然资源消费量和同化人类产生的废弃物所需要的生态生产性空间面积大小，并与给定人口区域的生态承载力进行比较，来衡量区域的可持续发展状况。自提出以来，在世界各国引起了强烈的反响，并在短时期内就不同的地域空间尺度、不同的社会领域进行了模型方法的运用和实践，其理论方法和计算模型在迅速地发展和完善。

(二) 生态足迹的概念

由于任何人都要消费自然资源，因此对地球生态系统构成了影响。只要人类对自然系统的压力处于地球生态系统的承载力范围内，地球生态系统就是安全的，人类经济社会的发展就处于可持续的范围内。如何判定人类是否生存于地球生态系统承载力的范围内呢？通过生态足迹的计算就可以作出评判。

生态足迹(Ecological Footprint，简称 EF)，或称生态空间占用。关于生态足迹的概念，Willam Rees 曾将其形象地比喻为"一只负载着人类与人类所创造的城市、工厂……的巨脚踏在地球上留下的脚印"。1996 年以后，Willam Rees 和 Wackernagel 从不同的侧面对其进行了定义："一个国家范围内给定人口的消费负荷"、"……用生产性土地面积来度量一个确定人口或经济规模的资源消费和废物吸收水平的账户工具"。

任何已知人口(某个个人、一个城市或一个国家)的生态足迹是生产这些人口所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产土地的总面积和水资源量。将一个地区或国家的资源、能源消费同自己所拥有的生态能力进行比较，能判断一个国家或地区的发展是否处于生态承载力的范围内，是否具有安全性。

(三) 计算方法

生态足迹的计算主要基于以下两个事实：首先，人类可以确定自身消耗的绝大多数资源及其所产生的废物数量；其次，这些资源和废物可以换算成提供这些功能所需的生物生产面积。

因此，生态足迹就是人口数量和人均物资消耗水平所采用的技术和生态产出能力的函数，是每种消费商品的生物生产面积的总和，它表明各个国家(地区)使用了多少资源。将其与自然生态所能提供的生态服务相对比，如果两者之差是负值，即生态赤字(ecological deficit)，也就是消耗量大于所能提供的服务，便表明人类对自然的压力大于自然的承载能力，是有悖于可持续发展的；反之，即生态盈余(ecological surplus)，则表明人类对自然的压力小于自然的承载能力。生态足迹模式为量度人类需求与自然有效供给的关系提供了一个廉价和快速的自然资本评估方法。

根据上述理论和概念，其重要的计算步骤如下：

(1) 划分消费项目，计算各主要消费项目的消费量；

(2) 利用平均产量数据，将各消费量折算为生物生产性土地面积；

(3) 通过当量因子把各类生物生产性土地面积转换为等价生产力的土地面积；将其汇总、加和计算出生态足迹的大小；

(4) 通过产量因子计算生态承载力，并与生态足迹比较，分析可持续发展的程度。具体计算公式如下：

$$EF = Nef = N\sum_{i=1}^{n} aa_i = N\sum_{i=1}^{n}(c_i/p_i)$$

式中，i 为消费商品和投入的类型；n 为消费项目数；p_i 为 i 种消费商品的平均生产能力；c_i 为 i 种商品的人均消费量；aa_i 为 i 种交易商品折算的生物生产面积；N 为人口数；ef 为人均生态足迹；EF 为总的生态足迹。

在生态足迹指标计算中，把人类使用的各种资源和能源消费项目折算为 i 种类型生物生产面积，再分别乘以相应的均衡因子，就可以得到某类生物生产性面积，然后再加总计算生态足迹和生态承载力。

(四) 生态足迹的启示

根据以上思想和方法，Costanza 与 Wackernagl 等人用 1993 年的数据，对 52 个国家(或地区)进行了生态足迹的计算。这 52 个国家(或地区)的人口占世界人口的 80%，GDP 占世界的 95%，因此具有很强的代表性。但计算结果，令人深思：

(1) 实现可持续发展目标任重道远

全球人均生态赤字从 1993 年的 $-0.7\ hm^2$ 至 1997 年增加到 $-0.8\ hm^2$，人类的生态足迹已超过全球生态承载能力的约 30%。近几年来生态足迹的赤字仍有不断增长的趋势，一些国家特别是发达国家消耗资源的数量有增无减，有关全球保护环境的一些措施进展缓慢。在《里约宣言》发表后的 10 多年中，人类一方面在大力贯彻可持续发展战略；另一方面却面临更为严重的生态灾害——人口不断增长、消费和废物增加、贫困人口增加，与此同时生物多样性、森林面积、可利用的淡水资源等日益减少。虽然，生态足迹的计算方法尚有不足之处，但为我们发出了一个重要的信号：人类目前的生活方式正远离可持续发展的道路！

(2) 美国是生态足迹最大的国家

所统计的52个国家中，有35个国家即2/3的国家为生态赤字。生态赤字居前列的国家（大于3.0 hm^2）依次为新加坡、比利时、美国、英国、日本、瑞士和以色列。人均生态足迹最大的10个国家依次为美国、澳大利亚、加拿大、新西兰、冰岛、新加坡、俄罗斯、芬兰、丹麦和瑞士。美国人均生态足迹为10.3 hm^2，为全球人均生态足迹值的3.7倍，其人均生态赤字为－3.6 hm^2，仅次于新加坡和比利时。美国有约2.7亿人口，其对全球生态的负面影响是巨大的。如果全世界都按照美国的生活方式和生活水平来进行生活，则还需要增加3个地球！中国的人均生态足迹为1.2 hm^2，是世界人均值的43%，但人均生态承载能力为0.8 hm^2，为世界平均值的38%，因此，中国人均生态足迹赤字为－0.4 hm^2。考虑到中国有13亿人口，人均生态承载能力也不高，其影响程度仍应受到充分的重视。

(3) 生态盈余的国家大多地广人稀

在所统计的52个国家中有17国家的生态足迹盈余。生态盈余大于1的国家依次为冰岛、新西兰、秘鲁、澳大利亚、巴西、芬兰、加拿大、印度尼西亚和瑞士。阿根廷、智利、哥斯达黎加、法国、爱尔兰、马来西亚、挪威和哥伦比亚9个国家在0～1之间。上述17个国家中，仅南美洲的秘鲁、智利、哥伦比亚和亚洲的印度尼西亚人均生态足迹小于世界平均值，其余13个国家的人均生态足迹均大于世界平均值，尤其是澳大利亚、加拿大、新西兰和瑞典的人均生态足迹大于世界平均值的1倍以上，这些国家尚有生态盈余并不是他们具有可供效仿的生活模式，而是因为这些国家人口密度相对稀少。

要减少生态赤字，维护生态平衡，目前我们能做的是：

- 要全球的人们切实了解保护生态环境的重要性与迫切性，因为我们已处在生态危机的时代；
- 采用有效的生态技术来提高单位面积的自然生产量；
- 充分利用再生资源如太阳能等来代替不可再生资源；
- 维护好各类生态系统；
- 在提高生活质量的同时，减少不必要的消耗。

8.5　生态系统管理及影响评价

（一）生态系统管理的缘起

生态系统管理（ecosystem management）起源于传统的林业资源管理和利用过程，形成于20世纪90年代。

1864年Marsh出版的《人和自然》专著提出，如果英国合理管理森林资源可减少土壤侵蚀。1870～1890年间，Haeckel（海克尔，1866）提出了“生态学”的定义，而美国总统Franklin（富兰克林）等敦促美国政府在林业资源开发利用中要注意保护问题。1891～1904年间个体生态学研究比较多，自然资源管理仍以传统管理方式为主，但开始注意保护问题。1905～1945年间森林学和生态学研究较多，主要集中在群落演替、种群方面，已提出了合理利用自然资源的问题。尤其是美国生态学会提出用核心区和缓冲区的方法合理利用和保护自然生态系统，有些国家开始制定有关法律。1945～1969年间生态学体系已基本形成，自然资源利用开始强

调多用途和持续产量问题。同时，Rachel Carson（莱切尔·卡逊，1962）出版的"寂静的春天"引起人们对环境恶化的广泛关注。1970～1979 年间生态系统生态学发展迅速：Likens（里昆斯，1970）提出现有森林管理方法可能影响生态系统的功能。Abrahamsen（亚伯拉罕森，1972）提出人类活动导致了生态系统的退化，而自然资源管理者强调多重利用、单种种植管理和保护，但人们开始认识到一些传统的资源管理方法并没有起到预期的效果。1980～1989 年有大量关于生态系统和管理方面的研究论文出现，生态学开始强调长期定位、大尺度和网络研究，生态系统管理与保护生态学、生态系统健康、生态整体性与恢复生态学相互促进和发展，美国政府（尤其是农业部）及国会积极倡导对生态系统进行科学管理。在此期间，Aee（埃厄）和 Johnson（约翰逊，1988）出版了生态系统管理的第一部专著，他们认为生态系统管理应包括生态学上定义的边界、明确强调管理目标、管理者间的合作、监测管理结果、国家政策层次上的领导和人们参与等 6 个方面。

1990 年以来，关于生态系统管理的专著陆续问世。这些专著支持大多数的资源经营活动，而且强调用环境科学知识满足社会经济目标。自此，生态学界开始注意生态系统管理，并将生态管理与可持续发展相联系。美国开始进行森林生态系统管理研究与评估，生态系统管理的基本框架形成。

（二）生态系统管理的概念

1. 生态系统管理

生态系统管理是指基于对生态系统组成、结构和功能过程的最佳理解，在一定的时空尺度范围内将人类价值和社会经济条件整合到生态系统经营中，以恢复或维持生态系统整体性和可持续性。

美国生态学会生态系统管理特别委员会在 1995 年的一份评价报告中比较全面和系统地阐述了生态系统管理的概念，指出生态系统管理是具有明确且可持续目标驱动的管理活动，由政策、协议和实践活动保证实施，并在对维持生态系统组成、结构和功能必要的生态相互作用和生态过程最佳认识的基础上从事研究和监测，以不断改进管理的适合性。

生态系统管理要求收集被管理系统核心层次的生态学数据并监测生态系统的变化过程。生态系统管理的要素包括：有明确的管理目标，有确定的系统边界和单元，基于对生态系统的深刻理解，有适宜的尺度和等级结构，理解生态系统不确定性，可适应性管理，强调部门与个人间的合作，把人类及其价值取向作为生态系统的一个成分等。生态系统管理的目标是实现生态系统的可持续性。

生态系统管理是由明确目标驱动，由政策和协议及实践而执行，由监测和对生态系统相互作用与过程的充分理解为基础，综合协调生态学、经济学和社会学原理，从而使生态系统组分、结构和功能达到可持续发展。近年来，可持续性已经成为自然资源管理机构明确陈述并立法管制的目标，人类可持续发展归根结底是生态管理的问题。然而，在实践中，管理途径常集中在最大的短期产量和经济收获，而不是长期的可持续力。这种差异的主要障碍有：

（1）生态环境中生物多样性的信息贫乏。

（2）生态系统功能和动态的广泛不确定性。

（3）生态系统开放性和联系性尺度超越管理界限。

（4）普遍存在可更新资源的短期经济和社会效益比未来生态系统受损重要的观点，或有

相应管理方法的利益更重要的说法。

生态系统管理的目的就是克服这些障碍。

2. 生态系统管理的内容

生态系统管理必须包含以下几个方面：

(1) 可持续性

生态系统管理把长期的可持续性，即代与代之间的可持续力作为管理活动的先决条件。

(2) 目标

在生态系统可持续性的前提下，具体的目标应具有可监测性，这些目标详述了维持可持续力的必要的过程和产出。

(3) 生态系统模型

在生态学原理的指导下，不断建成适合的生态系统功能模型，并把形态学、生理学及个体、种群、群落等不同层次上生态行为的认识上升到生态系统和景观水平，指导管理实践；合理的生态模型及其理解，生态系统管理依赖于在所有生态组织水平上所进行的研究。

(4) 复杂性和相关性

生态系统复杂性和相关性是生态系统功能实现的基础，生态系统管理认为生物多样性和结构复杂性可以增强生态系统的抗干扰能力，并提供适应长期变化所必要的遗传资源。

(5) 动态特征

变化和演变是生态系统可持续力所固有的，生态系统管理应试图避免以一种特殊的状态或配置"凝固"生态系统。生态系统管理并不是试图维持生态系统某一种特定的状态和组成，动态发展是生态系统的本质特征。

(6) 动态序列和尺度

生态系统过程在广泛的空间和时间尺度上进行着，并且任何特定的生态系统行为都受到周围生态系统的影响，因此，管理上不存在固定的空间尺度和时间框架。

(7) 人类是生态系统的组成部分

人类是生态系统的一个组分，生态系统管理要评估人类在获得可持续管理目标中的积极作用。人类不仅是引起生态系统可持续性问题的原因，也是在寻求可持续管理目标过程中生态系统整体的组成部分。

(8) 适应性和功能性

生态系统管理认为生态系统功能的现存知识和范例都是暂时的、不完全的、受制于变化的，管理方法必须被视为一种需要通过研究和监测实践而检验的假设。通过生态学研究和生态系统监测，人类不断深化对生态系统的认识，并据此及时调整管理策略，以保证生态系统功能的实现。

由此可见，生态系统管理并不是一般意义上对生态系统的管理活动，它促使人类必须重新审视自己的管理行为。由于可持续发展主要依赖于可再生资源特别是生物资源的合理利用，因而正确的生态系统管理显得更为重要，它是实现可持续发展战略的必由之路。

(三) 生态系统管理的原则和方法

1. 生态系统管理的原则

针对生态系统的多样性和复杂性，生态系统管理必须以可持续发展为目标，以健康为标

准,在生态综合评价的基础上,通过政策、协议和实践进行管理,并基于生态监测与科学研究,进一步对管理措施进行修正。

生态系统管理有以下一些基本科学规范:

(1) 空间和时间尺度是严格、苛刻的

生态系统功能包括物质和能量的输入、输出和循环以及有机体的相互作用。研究和管理一个过程所定义的边界常常不适用于另一个过程。因此,生态系统管理需要广泛的考虑。

(2) 生态系统功能取决于其结构、多样性和整体性

生态系统管理寻求保持生物多样性作为增加生态系统抗干扰力的一个重要组分。因此,生物多样性管理需要对任何特定位置的复杂性和功能强烈受周围系统影响有广泛认识和透视。

(3) 生态系统在时间和空间上是动态的

生态系统管理具有挑战性的部分原因是生态系统不断变化。在几十年或几个世纪的时间里,许多景观被自然干扰所改变,导致形成了不同年龄的演替斑块镶嵌体,这些斑块的动态对生态系统的结构和功能是非常重要的。

(4) 知识的不确定性、意外性和有限性

生态系统管理认为,如果给以足够的时间和空间,一些不可能事件也能发生。一个合适的管理通过结合民主原则、科学分析、教育和科学知识以增加人们对生态系统过程和管理后果的理解并提高决策时所依据数据的质量而解释这种不确定性。

2. 生态系统管理的方法

生态系统管理需要把生态学知识应用到自然资源的管理活动中。但是,从概念到实践的转变十分困难,需要以下步骤和行动:

(1) 确定可持续的目标和对象

可持续性是生态系统管理的首要目标,然而仅仅只注重资源管理和利用,忽视多样性和复杂性的重要作用,只关心自己的短期行为是不大可能长期可持续发展的,可持续力必须是主要目标。

(2) 调节空间尺度

如果管理区的划分和生态系统过程的发生在空间上是一致的,则生态系统管理的实施会极大简化。由于不同生态过程在空间区域上的变化,使一种确定的划分适合所有的过程肯定是不可能的。生态系统管理必须在每一生态系统的不同管理者中寻求一致性。

(3) 调整时间尺度

实施生态系统管理既要考虑到长期的计划和目标,也要认识到短期决策的必要性,以应付可能发生的突变事件。鉴于管理机构常被迫做一些以财政年度为基础的决定,生态系统管理必须处理超越人类生命限度的时间尺度,因此,生态系统管理需要长期的计划和协约。

(4) 使系统具有适应性和可解释性

成功的生态系统管理需要一种体制,这种体制能适应生态系统特征的变化和科技知识基础的变化。

在生态系统管理上有两种相反的观点:一是认为所有的管理活动都是有害的,这显然忽略了一个事实,即很多生态系统正是由于人类的作用改变了它们可能的演替序列而成为可持续的生态系统。另一种观点认为,人类活动都是改造自然过程,也是人类自身发展的需要,因

而不必限制任何人类活动。科学的生态系统管理观念显然处于这两者之间,它把人类活动和保护自然和谐地统一起来。

生态系统管理寻求生态系统的可持续发展,即寻求社会经济与环境资源的持续发展,这是全世界在今后相当长时期内的共同任务。生态系统管理以生物为中心,也同时认识到人类需求的重要性,实现人类与自然发展的和谐与统一。

8.6 结 语

生态系统综合评价作为一项系统工程,需要对不同的生态系统产品与服务功能之间的权衡,对生态系统做出健康诊断与评价,为生态系统管理提出科学的依据。它们之间有着密切的关系,是一个比较完整的体系。生态评价的目的在于管理,而管理的基础是生态系统的现状评价和未来趋势预测,管理的任务则是对生态系统功能的现状调整。

对于当前的研究来说,需要克服以下几个难点:

(1) 要权衡不同生态系统产品和服务功能之间的关系。这要求长期效应与短期效益同时考虑,并可达到可持续发展。

(2) 生态系统服务、健康诊断和管理及其评价应该在时空尺度上扩展。对于复杂的生态系统,只有在时间上摸清其变化的规律,在空间上研究生态系统之间及内部的相互作用,综合评价才可能得到正确的结果。

(3) 生态系统服务功能与健康诊断的指标体系的建立。不同空间尺度上的指标体系不同,如何合理建立并利用这些指标体系需要研究者针对不同情况综合考虑。

(4) 为生态系统产品、服务、健康及管理之间的有机结合。

复习思考题

8.1 如何理解生态系统服务功能?主要包括哪些内容?

8.2 生态系统服务功能评价的方法有哪些?

8.3 何谓生态安全、生态风险和生态健康?

8.4 生态风险评价一般包括哪些内容?

8.5 生态系统健康的评价指标有哪些?

8.6 何谓生态足迹,如何计算?

8.7 何谓生态系统管理?包括哪些内容?

第 9 章　景观生态学

景观生态学(Landscape Ecology)是地理学与生态学相互结合的产物,主要来源于地理学的景观理论和生物学的生态理论,将地理学家研究自然现象空间相互作用的横向研究和生态学家研究一个生态区机能相互作用的纵向研究结合为一体,通过物质流、能量流、信息流及价值流在地球表层的传输与交换,通过生物与非生物以及人类之间的相互作用与转化,运用生态系统原理和系统方法研究景观结构和功能、景观动态变化以及相互作用的机理、研究景观的美化格局、优化结构、合理利用和保护。

9.1　景观生态学的产生和发展

(一) 景观生态学的起源

景观生态学的起源可分为两个阶段:思想酝酿阶段与概念形成阶段。

1. 思想酝酿阶段

此阶段的显著特点是:地理学的景观思想和生物学的生态学思想各自独立发展。

地理学中的景观学产生于德国。19 世纪末叶,由近代地理学创始人 Humboldt 将景观的概念引入地理学中,认为景观是"一个地理区域的总体特征"。作为一门研究景观形成、演变和特征学科的景观学产生于 19 世纪后期至 20 世纪初期。Seigfried Passarge 于 1919～1930 年相继出版了《景观学基础》和《比较景观学》,认为景观是由气候、水、植物、土壤和文化现象组成的地域复合体,并系统地提出了全球范围内景观分类、分级的原理,并认为划分景观的最好标志是植被,同时,还提出了城市景观的概念。作为景观学说的提出者之一的德国人文地理学家 Schlüter Otto 于 20 世纪初发表了《人类地理学的目的》,提出了文化景观形态学和景观研究是地理学的主题的观点。在其 1958 年《早期中欧聚落区域》一书中,提出了自然景观与人文景观的区别,并最早把人类创造景观的活动提到了方法论原理上来。

20 世纪 30 年代以后,又出现了一个景观学研究的中心——苏联的景观学研究。19 世纪末,Докуцаев 和他的学生在野外调查中发现自然界生物与非生物之间的关系及其发展规律,特别是其学生 Берг,明确提出景观的概念,阐明了景观及其组成成分之间的相互作用和景观的发展问题,为景观学的发展奠定了基础。他于 1913 年提出景观是地形形态的一定的、有规律地重复的综合体或群体这一概念。1931 年,Берг 的巨著《苏联景观地理地带》一书出版,成为苏联系统阐述景观学原理的第一次尝试。书中研究了景观与其组成成分之间的相互作用,谈到了景观的发展与起源问题。由于没有赋予景观任何分级的意义,而把它看成是任何的地理单元,即把它用做是"地理综合体"的同义词,以至于形成了苏联景观研究的两大学派:类型学派和区域学派。类型学派的代表人物主要有 Pervukhin(别尔乌辛)等,而区域学派的代表人物主要有 Ламонский、Калесник、Солнцев、Исаченко 等,而尤以区域学派的影响为甚。景观学思想在美国和英国也得到发展,但他们称景观为土地或土地类型。

生物学发展的历史也是如此。在19世纪中期，Haeckel(赫克尔，1834～1919)把研究生物和环境关系的科学称之为“生态学”(Ecology)。其后，其他生物学家又从个体生态学发展到生物群落学，研究生物群落与其环境的关系。1935年，英国生态学家Tansley(坦斯利)提出了“生态系统”的术语，用来表示任何等级的生态单位中的生物和其环境的综合体，反映了自然界生物和非生物之间密切联系的思想。

这样，在20世纪30年代，地理学和生物学从各自不同的角度和独立发展的道路，都得到一个共同的认识——自然现象是综合的，为景观生态学的诞生奠定了基础。

2. 概念形成阶段

景观生态学由综合的思想逐渐发展为一门横断科学。

“Landscape Ecology”一词是德国著名的地植物学家Troll于1939年在利用航空照片研究东非土地利用问题时提出来的，认为：“景观生态学的概念是由两种科学思想结合而产生出来的，一种是地理学的(景观)，另一种是生物学的(生态学)。景观生态学表示支配一个区域不同地域单元的自然-生物综合体的相互关系的分析”。通过这种景观综合研究，开拓了由地理学向生态学发展的道路。

第二次世界大战以后，全球性的人口、粮食、环境问题日益严重，为了解决这些问题，许多国家都开展了土地资源的调查、研究和开发与利用，从而出现了以土地为主要研究对象的景观生态学研究热潮。在这一时期至20世纪80年代初这段时间内，中欧成为了景观生态学研究的主要地区，其中，德国、荷兰和捷克斯洛伐克又是景观生态学研究的中心。德国在这时建立了多个以景观生态学为任务或是采用景观生态学观点、方法进行各项研究的机构。1968年又举行了德国的“第一次景观生态学国际学术讨论会”。同时，在德国的一些主要大学设立了景观生态学及有关领域的专门讲座。对景观生态学的发展起了很大的作用。同一时期，景观生态学在荷兰亦发展很快。Zonneveld(庄纳沃德)利用航片、卫片解译方法，从事景观生态学研究，Leeuwen(列文)等人发展了自然保护区和景观生态学管理的理论基础和实践准则。捷克斯洛伐克的景观生态研究亦很有自己的特点，较早地成立了自己的景观生态协会，在捷克科学院内亦设立有景观生态学研究所，而且Ruzicka(鲁茨卡)倡导的“景观生态规划”(Landscape Ecological Planning，简称LANDEP)已形成了自己的一套完整方法体系，在区域经济规划和国土规划中发挥了巨大作用。

(二) 景观生态学的发展

景观生态学的发展主要是在20世纪80年代之后，历届“国际景观生态学大会”成为其发展的一条主线。以1981年大会和1995年大会为标志，将其发展过程分为两个阶段，即20世纪80年代景观生态学的基础理论研究逐步深入阶段；20世纪90年代后以积极采用新技术与新方法进行景观生态学的应用研究阶段。

1. 深入研究阶段

进入20世纪80年代以后，景观生态学才真正意义上实现了全球性的研究热潮。影响这一热潮的主要事件之一是1981年在荷兰举行的“第一届国际景观生态学大会”及1982年“国际景观生态学协会”(International Association for Landscape Ecology，简称IALE)的成立；另一事件为美国景观生态学派的崛起。

“国际景观生态学协会”的成立，标志着景观生态学进入一个新的蓬勃发展的阶段，使广大

从事这一领域研究的人员从此有了一个组织，使得其国际性交流成为可能。此后，许多人在自己研究的基础上对景观生态学的研究对象和基本理论进行了深入讨论。在1984年出版的《Landscape Ecology—Theory and Application》一书中，Naveh(纳维)等人指出："景观生态学是研究人类社会与其生存空间——开放与组合的景观相互作用关系的交叉学科"，认为景观生态学以普通系统论、自然等级组织和整体性原理，生物系统和人类系统共生原理等为基本原理或基本理论。1986年，由美国学者Forman(佛曼)和法国学者Godron(高德润)合著的《Landscape Ecology》一书阐述了"景观生态学探讨生态系统——如林地、草地、灌丛、走廊和村庄——异质性组合的结构、功能和变化。"的观点，他们运用生态学的原理和方法，系统研究了景观的空间结构、景观动力学、景观的异质性原理。1989年，荷兰学者Zonneveld和美国学者Forman共同主编的《Changing Landscape: An Ecological Perspective》是20世纪80年代末世界上几位主要景观生态学家的集体著作，反映了景观生态学的研究正在深入发展。

2. 应用研究阶段

进入20世纪90年代以后，景观生态学研究更是进入了一个蓬勃发展的时期，一方面研究的全球普及化得到了提高；另一方面，该领域的学术专著数量空前。其中，影响较大的有Turner和Gardner(加德纳)主编的《景观生态学的定量方法》(1990)和Forman的《土地镶嵌——景观与区域的生态学》(1995)以及Zonneveld的《土地生态学》。《景观生态学的定量方法》一书对景观生态学研究的进一步定量化起了很大的促进作用；而在《土地镶嵌——景观与区域的生态学》一书中，一方面更系统、全面、详尽地总结了景观生态学的最新研究进展；另一方面还就土地规划与管理的景观生态应用研究进行了阐述。更重要的是，作者结合持续发展的观点，从景观尺度讨论了创造可持续环境等具有前沿性的问题。

另外，此阶段景观生态学的研究出现了北美学派和欧洲学派，两者之间存在的差别主要体现在：

(1) 景观生态学在欧洲学派中是一门应用性很强的学科，它与规划、管理和政府有着密切的和明确的关系；北美学派虽也有应用的方面，但其更大的兴趣在于景观格局和功能等基本问题上，并不是都结合到任何具体的应用方面。

(2) 欧洲学派主要侧重于人类占优势的景观，而北美学派同时对研究原始状态的景观也有着浓厚的兴趣(陈昌笃，1991)。

9.2 景观的概念

(一) 景观的公众涵义

在欧洲，"景观"一词最早出现在希伯来文本的《圣经》旧约全书中，被用来描写具有国王所罗门教堂、城堡和宫殿的耶路撒冷城美丽的景色。16世纪末，"景观"主要被用做绘画艺术的一个专门术语，泛指陆地上的自然景色。17～18世纪，景观成为描述自然、人文以及他们共同构成的整体景象的一个总称，包括自然和人为作用的任何地表形态，常用风景、风光、景象、景色等术语描述。这种针对美学风景的景观理解是后来学术概念的来源。如Whyte(怀特)在其《土地评价》一书中所表明的，原始的、真实感的、艺术性的概念已应用于文学和艺术之中，也被景观规划和设计工作者及园林工作者所采用，他们基于对美学艺术效果的追求，对人为建筑

与自然环境所构成的整体景象——景观进行设计、建造和评价。这时的景观成为描述自然、人文以及它们共同构成的整体景象的一个总称，包括自然和人为作用的任何地表形态，他们通常更多地涉及风景美学的景观概念，而不涉及它的生态评价。

景观一词在英语(landscape)、德语(landschaft)、俄语(ландшафт)中拼写相似。在德语中，"景观"(landschaft)一词本身的涵义是指一片或一块乡村土地，但通常被用来描述美丽的乡村自然景色。英语中的"景观"(landscape)源于德语，也被理解为形象而又富于艺术性的风景概念。中国从东晋时代开始，山水风景画就已从人物画的背景中脱胎而出，使山水风景很快成为艺术家们的研究对象，而景观作为风景的同意语也因此一直为文学艺术家们沿用至今。

从20世纪60年代开始，以美国为中心开展的"景观评价"(landscape evaluation)研究，也是主要就景观的视觉美学意义而言的。从客观意义上讲，景观评价(或称风景评价)是对景观视觉质量的评价。而景观的"视觉质量"则被认为是景观"美"的同义词。从主观上讲，景观评价则表现为人们对"景观价值"的认识。而景观的价值则表现在"景观所给予个人的、美学意义上的主观满足"。

(二) 地理学中的景观概念

文艺复兴之后，景观逐渐被引申为包含着"土地"的地理空间概念，尤其在18～19世纪，这个空间概念获得了一个更为广泛的涵义，即景观是总体环境的空间可见的整体。

19世纪初，近代地理学的创始人Humboldt将景观概念首先引入地理学，并从此形成作为"自然地域综合体"代名词的景观涵义。随着景观概念在地理学中的不断深化，地理学界主要形成了类型方向和区域方向两种对景观的理解。类型方向把景观抽象为类似地貌、气候、土壤、植被等的一般概念，可用于任何等级的分类单位，如林中旷地景观等，并基于此将整个地球表面称做景观壳；区域方向则把景观理解为一定分类等级的单位，如自然区或其一部分，它们在地带性和非地带性两方面都是同质的，并且是由地方性地理系统形成有规律的、相互联系的区域组合。

随着经典的西方地理学、生态学和地球科学的兴起，景观这个术语的涵义，又被缩小到作为"地形"的同义语来刻画地壳的自然地理特征、生态特征和地貌特征。如Penck(彭克)提出：所谓景观，是指具有在形态、大小或成因(或所有这些特征)上特殊的某一地段。Сукачев则把生物地理群落学说确定为景观学的一个分支，将生物地理群落理解为一个植物群落所占据的生态条件一致的地表地段，是植物、动物、微生物、小气候、地质构造、土壤、水文状况相互作用的总体。地球化学景观则是指具有化学元素迁移的一定条件和这一迁移的特殊性质的地域地段，地表各个不同部分的化学元素迁移的特征，完全取决于景观组分的总体，决定于整个景观。

目前，地理学中对景观比较一致的理解是：景观是由各个在生态上和发生上共轭的、有规律地结合在一起的最简单的单元地域单位所组成的复杂地域系统，并且是各要素相互作用的自然地理过程总体，这种相互作用决定景观动态。

(三) 景观生态学中的景观概念

自20世纪30年代Troll提出"景观生态学"一词以来，景观的概念被引入生态学，希望将

地理学家采用的表示空间的“水平”分析方法和生态学家使用的表示功能的“垂直”方法结合起来。Troll认为，景观作为生态系统之上的一种尺度单元，并表示一个区域整体，作为地球表面的实体存在，对景观的生态学理解也存在于地理学界。如植物地理学家Сукачев(1941，1949)就侧重景观内部的生态联系，认为景观是生物地理群落（景观单元）的地域综合体。美国学者Godron(1986)进一步将景观定义为相互作用的镶嵌体（生态系统）构成，并以类似形式重复出现，具有高度空间异质性的区域。后来，著名景观生态学家Forman(1995)进而将其定义发展为空间上镶嵌出现和紧密联系的生态系统的组合，在更大尺度的区域中，景观是互不重复出现且对比性强的结构单元。

Troll不仅把景观看做是人类生活环境中视觉所触及的空间总体，更强调景观作为地域综合体的整体性，并将陆圈、生物圈和理性圈看做是这个整体的有机组成部分。而景观生态学也因此把地理学研究自然现象空间关系的“横向”方法，同生态学研究生态区域内部功能关系的“纵向”方法相结合，研究景观整体的结构和功能。

德国著名学者Buchwald(布彻沃德)发展了这种系统景观的思想，认为景观可以理解为地表某一空间的综合特征，包括景观的结构特征和表现为景观各因素相互作用关系的景观流，以及人的视觉所触及的景观像、景观功能及其历史发展。景观是一个多层次的生活空间，是一个由陆圈和生物圈组成的、相互作用的系统。基于用系统科学和控制论的观点，荷兰学者Vink(维克)明确地指出：景观作为生态系统的载体，是一些控制系统，通过土地利用及管理活动，这些控制系统中的主要成分将完全或部分地受到人类智慧的控制。

邬建国(2000)将景观的定义概括为狭义和广义两种。狭义景观是指几十公里至几百公里范围内，由不同生态系统类型所组成的异质性地理单元。而反映气候、地理、生物、经济、社会和文化综合特征的景观复合体称为区域。狭义景观和区域可统称为宏观景观。广义景观则指出现在从微观到宏观不同尺度上的，具有异质性或斑块性的空间单元。这一景观概念强调空间异质性，其空间尺度则随研究对象、方法和目的而变化，而且它突出了生态学系统中多尺度和等级结构的特征。这一概念越来越广泛地为生态学家所关注和采用。

总之，景观的最初涵义主要关注景观的视觉特性和文化价值，地理学和景观生态学将其进一步拓展，以“地域综合体”的理解作为它们共同的概念基础。但地理学主要关注景观的要素（气候、地貌、土壤、植被等）特征和景观形成过程，并由此形成了没有空间尺度限制的类型学派理解和代表发生上最具一致性的某个地域（或地段）的区域学派理解。而以景观单元间的组合和相互作用作为主要研究内容的景观生态学，则视景观为地方(local)尺度上、具有空间可量测性的异质性空间单元，同时也接受地理学中景观的类型涵义（如城镇景观、农业景观）。

值得注意的是，无论地理学还是景观生态学，都在深化景观概念的同时，逐渐忽视了景观原义中的景观的视觉特性。不过近年来，鉴于景观生态学在景观规划和城市绿地规划与设计领域发展的需要，这一点已得到重视。

中国学者肖笃宁为此提出了新的景观概念，即景观是一个由不同土地单元镶嵌组成，且有明显视觉特征的地理实体；它处于生态系统之上，大地理区域之下的中间尺度，兼具经济价值、生态价值和美学价值。这个定义更全面地概括了景观的特点，把空间结构、尺度制约与景观的三个功能特性加以联系，可以更好地指导应用。

9.3 景观生态学

景观生态学一种最简单的表述是：研究景观的结构、功能和变化。景观结构指的是斑块间的空间关系，景观功能指的是空间要素间的相互作用，而景观变化则包括了结构和功能随时间的改变。

（一）景观生态学产生的必然性

1. 地理学的机遇

地理学是以区域或景观的综合研究为主要任务，曾经受制于相关学科的发展水平和自身发展阶段，对区域或景观的研究只着重于定性描述和简单综合水平上。加强整体综合及过程基础上的相互关联研究，是地理学现代化的方向之一。以相互关联为特色的生态学思想和理论，为地理学现代化提供了一个可行而实效的相关学科基础。人类各种活动的深广度不断拓展，使人文因素成为地表区域或景观中的重要因素，人类对区域或景观开发、利用、管理及保护等应用实践理想目标的达到，有赖于对其更高层次和更为深化的综合研究，地理学借助生态学思想和理论加强自身理论建设是有其意义的。地理学走出传统时代，走向以过程、关联、功能为基础的整体综合和理论深化，构成了它的生态学方向。进一步，形成了现代的景观生态学。

2. 生态学的机遇

生态学渊源于生物学，其本义是指生物与其环境的相互作用。据生物主体，可以划分生态学为个体生态学、种群生态学、群体生态学及生态系统生态学等分支。现代生态学承继了生物生态学基本原理和相互作用思想，把人类作为对象，联系其环境进行研究，发展了人类和社会生态学。研究主体由生态系统拓展为一定地段的地球表层综合体、区域综合体乃至整个生物圈等不同组织水平景观生态系统的综合研究，是为景观生态学。生态学走出生物主体范围，走到地域或区域水平，结合现代地理学、尤其是景观学理论，必然发展成景观生态学。

（二）景观生态学的研究对象

在1963年的国际植被科学大会上，景观生态学概念的提出者Troll和Tansley以生态系统概念定义景观生态学：是关于生物群落与其在景观特定地点的环境条件之间复杂整体因果网络的研究，这在特殊景观格局中或不同大小等级序列自然空间分类中显得十分清晰。

在1981年的首届国际景观生态学大会上，Zonneveld阐明了景观生态学是作为生物、地理与人类科学的一种整体的方法、态度及思想状况的观点，进而提出，任何专业的学者及各类政治活动家，只要以整体性的态度对待环境，视它们为综合系统，就是一个名副其实的景观生态学家。

Naveh和Lieberman（李伯曼）提出（1984），景观生态学是研究人类社会与其生存空间——开旷与组合的景观相互作用关系的交叉学科，属于人类生态系统科学，认为景观生态学是土地或景观规划、保护、管理、开发的科学基础。

荷兰学者Vink则认为（1983），景观生态学是景观研究的一种方法。景观维持着自然生态系统和文化生态系统；景观生态学研究生物圈、人类圈和地球表层或非生物组成之间的相互关系。

总之，景观生态学区别于其他学科的主要标志之一是认为景观为一统一整体，并将复杂的景观“黑箱化”。从整体观念出发研究景观内部以及与外界的物质、能量、信息交换与传输。整

体性通过减少解析性分析，使得复杂的研究简单化，从而更好地了解某些复杂结构和过程。不同尺度的景观通过内部各要素间相互作用和相互联系表现出统一性和整体性，即通过一定的结构把系统连接为整体，使系统具有内在规定性、有序性。景观分类的原理就是基于整体性，利用其抽象特征的诊断来确定景观等级的有序化和景观的特征及功能分类。

景观生态系统是一个具有耗散结构的开放系统，具有“融合性”、“中介性”和“有序性”。时间上，它由比较简单的结构向复杂的结构状态发展，具有生态系统的演替特征；空间上，景观生态系统的组分具有自己的空间尺度、范围和规模，可以从局地到区域乃至全球。它具有生态系统的等级序列；景观生态系统通过正负反馈的对立统一而保持动态平衡，具有生态系统的反馈机理。景观生态系统的结构、功能以及演替仍符合生态系统原理。

一般认为，景观生态学是研究景观单元的类型组成、空间格局及其与生态学过程相互作用的综合性学科。强调空间格局、生态学过程与尺度之间的相互作用是景观生态学研究的核心所在。

（三）景观生态学的学科性质

景观生态学是许多新老相关学科按照源、流、汇、结、果的规律模式长期纵横交叉、融会综合产生的一门现代新兴综合学科。本身兼有地理科学、生态科学、环境科学、资源科学、规划科学、管理科学等许多现代大学科群系的多功能优点，适宜于组织协调跨学科多专业的区域生态综合研究。因此，景观生态学在现代生态学分类体系中大体处于应用基础生态学科的地位。

景观生态学明确强调空间异质性、等级结构和尺度在研究生态学格局和过程中的重要性。而人类活动对生态学系统的影响，也往往是在较大尺度上景观生态学研究的一个重要方面。景观生态学尤其突出空间结构和生态学过程在多个尺度上的相互作用。因此，无论是从时间和空间上，还是从组织水平上而言，景观生态学研究的尺度域都比其他学科更宽。

（四）景观生态学的研究内容

现代景观生态学是一门新兴的、正在深入开拓和迅速发展的学科。因此，不但欧洲和北美的景观生态学有显著不同，就是在北美景观生态学短暂的发展进程中也逐渐形成了不同的观点和论说。概括地说，景观生态学研究的重点主要集中在下列几个方面(邬建国，2000)：空间异质性或格局的形成及动态；空间异质性与生态学过程的相互作用；景观的等级结构特征；格局-过程-尺度之间的相互关系；人类活动与景观结构，功能的反馈关系以及景观异质性(或多样性)的维持和管理。

景观生态学的研究内容可概括为3个基本方面：景观结构(landscape structure)、景观功能(landscape function)和景观动态(landscape dynamics)。

1. 景观结构

景观结构，即景观组成单元的类型、多样性及其空间关系。景观的空间单元组分分为斑块(patch)、廊道(corridor)和基质(matrix)三类。

(1) 斑块

斑块是与周围基质有明显差别的非线性景观元素，如动植物群落、岩石、土壤、建筑物等，其特点是具有相对均质性。

(2) 廊道

廊道是与周围基质有明显区别的线性元素，如河流、林带、公路等，呈狭长带状，可为景观

边缘物种提供迁移通道和栖息地，或为景观内部物种的迁移和栖息提供内部环境，但它也可能成为物种迁移的障碍，如河流。廊道连接斑块，并使之与基质相贯通。

(3) 基质

基质是景观中最广泛并具有高度连接性的部分，基质的变化将导致景观的变化，通常情况下，景观即是根据基质的主要特征命名的。

2. 景观功能

景观功能，即景观结构与生态学过程的相互作用，或景观结构单元之间的相互作用，它们可以是自然发生的，也可以是人工导致的。景观元素间能量、物种及营养成分等的流动，是任何自然系统重要的和必不可少的部分。景观元素通过这种流动影响其他元素。风、降水、潮流、地表径流、土壤、植被、飞行动物、陆地生物和人，都是导致景观元素间相互作用的主要机制。通常当经过人类活动加强或间断时就会导致副作用的发生。土壤侵蚀过程是为低地和河流生态系统提供所需物质和营养成分的自然发生过程，但当耕作种植等土地利用干扰了这种过程时，则可能使侵蚀剧增，导致低地与河流中的过度淤积。

3. 景观动态

景观动态，即指景观在结构和功能方面随时间推移发生的变化，如干扰状况、碎片化、气候变化和生物胁迫等。

景观的结构、功能和动态是相互依赖、相互作用的(图 9.1)。结构在一定程度上决定功能，而结构的形成和发展又受到功能的影响。景观生态学研究的具体内容很广，而且常常涉及到不同组织层次的格局和过程。

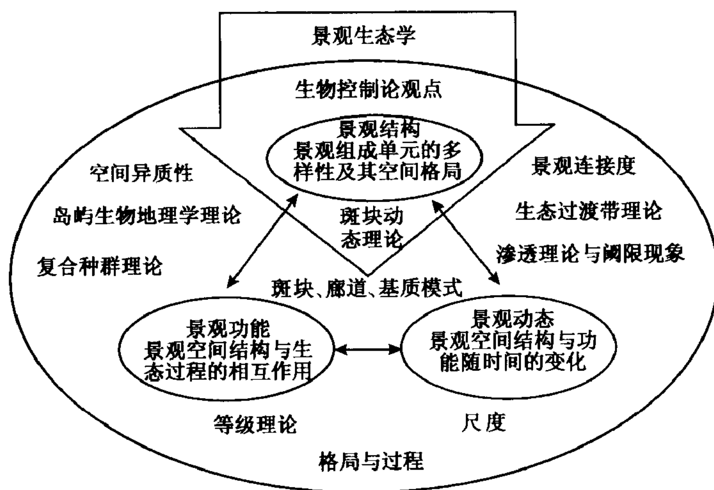


图 9.1　景观结构、功能和动态的相互关系以及景观生态学中的基本概念和理论

(邬建国，2000)

9.4　景观生态学中的主要概念和基本原理

美国学者 Forman 和法国学者 Godron 立足于生态学角度提出景观生态学的 7 条基本原理(1984)：景观结构和功能原理、生物多样性原理、物种流原理、养分再分配原理、能量流动原理、景观变化原理及景观稳定性原理。

中国学者肖笃宁根据相关学科理论，提出景观生态学的七大理论基础(1991)：生态进化与生态演替理论、空间分异性与生物多样性理论、景观异质性与异质共生理论、岛屿生物地理与空间镶嵌理论、尺度效应与自然等级组织理论、生物地球化学与景观地球化学理论及生态建设与生态区位理论。

邬建国(2000)总结出景观生态学中若干主要概念和理论包括：尺度及其有关概念，格局与过程，空间异质性和斑块性，等级理论，边缘效应，斑块动态理论，斑块-廊道-基质模式，种-面积关系和岛屿生物地理学理论，聚合种群理论，以及景观连接度、渗透理论和中性模型。下面，分别予以介绍。

1. 尺度及其有关概念

尺度一般是指对某一研究对象或现象在空间上或时间上的量度，分别称为空间尺度和时间尺度。此外，还有组织尺度的概念，即在由生态学组织层次(如个体、种群、群落、生态系统、景观)组成的等级系统中的位置，也广为使用。景观生态学中，尺度往往以粒度(grain)和幅度(extent)来表达。

(1) 粒度

空间粒度指景观中最小可辨识单元所代表的特征长度、面积或体积。例如，在不同观察高度上放眼望去，生态学家会发现对于同一森林景观，其最小可辨识结构单元会随着距离而发生变化，在某一观察距离上的最小可辨识景观单元则代表了该景观的空间粒度。对于空间数据或图像资料而言，其粒度对应于最大分辨率或像素(pixel)大小。

时间粒度则指某一现象或事件发生的频率或时期间隔。例如，某一生态演替研究中的取样时间间隔或某一干扰事件发生的频率，都是时间粒度的例子。

(2) 幅度

幅度是指研究对象在空间或时间上的持续范围。具体地说，研究区域的总面积决定该研究的空间幅度；研究项目持续多久，则确定其时间幅度。一般而言，从个体、种群、群落、生态系统、景观直到全球生态学，粒度和幅度均趋于增加。粒度和幅度相互联系，但又不相同。

景观生态学中，尺度一词的用法往往不同于地理学或地图学中的比例尺(虽然尺度和比例尺的英文均为 scale)。一般而言，大尺度(或粗尺度)常指较大空间范围内的景观特征，往往对应于小比例尺、低分辨率；而小尺度(或细尺度)则常指较小空间范围内的景观特征，往往对应于大比例尺、高分辨率。景观生态学研究中，人们往往需要利用某一尺度上所获得的信息或知识来推测其他尺度上的特征，这一过程即所谓尺度推绎。尺度推绎包括尺度上推和尺度下推。由于生态学系统的复杂性，尺度推绎往往采用数学模型和计算机模拟作为其重要工具。

2. 格局与过程

(1) 格局

景观生态学中的格局(pattern)，往往是指空间格局，即斑块和其他组成单元的类型、数目以及空间分布与配置等。空间格局可粗略地描述为随机型、规则型和聚集型。更详细的景观结构特征和空间关系可通过一系列景观指数和空间分析方法加以定量化。

(2) 过程

与格局不同，过程(process)则强调事件或现象发生、发展的程序和动态特征。景观生态学常常涉及到的生态学过程包括种群动态、种子或生物体的传播、捕食者和猎物的相互作用、群落演替、干扰扩散、养分循环等等。

3. 空间异质性和斑块性

空间异质性(spatial heterogeneity)是指生态学过程和格局在空间分布上的不均匀性及其复杂性。这一名词在生态学领域应用广泛,其涵义和用法亦有多种。具体地讲,空间异质性一般可理解为是空间斑块性和梯度的总和。而斑块性则主要强调斑块的种类组成特征及其空间分布与配置关系,比异质性在概念上更为具体化。因此,空间格局、异质性和斑块性在概念上和实际应用中都是相互联系,但又略有区别的一组概念。最主要的共同点在于它们都强调非均质性,以及对尺度的依赖性。

景观的异质性特征包括景观的破碎度、多样性、优势度和镶嵌性等。

(1) 景观破碎度指数

$$F = \frac{N}{A \times 100} \times 100$$

式中,N 为被测景观中斑块的总数目,A 为被测景观总面积。F 值越大,景观破碎化程度越大。在 Fragstats[①] 中,景观面积单位为公顷,所以 F 的涵义为"每平方公里景观面积上斑块的个数",即斑块密度。

(2) 景观多样性指数

生物多样性是指生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和,包括基因多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性 4 个层次。景观多样性评价指数采用常用的 *Shannon* 指数,计算公式:

$$SHDI = -\sum_{i=1}^{m}[P_i \cdot \ln(P_i)]$$

式中,$SHDI$ 为 *Shannon* 指数,P_i 为景观类型 i 所占面积的比例,m 为景观类型的数目;取值范围:$SHDI \geqslant 0$,值越大表示景观多样性越大。

(3) 景观优势度指数

用于测度景观结构中一种或几种景观类型支配景观的程度,表达式为:

$$D_0 = H_{\max} + \sum_{i=1}^{m}(P_i) \cdot \ln(P_i)$$

式中,$H_{\max}$表示最大多样性指数,$H_{\max} = \ln(m)$。D_0 值小时,表示景观是多个比例大致相等的类型组成的;D_0 值大时,表示景观只受一个或少数几个类型所支配,这个指数在完全同质性的景观中($m=1$)时无用,此时 $D_0 = 0$。

(4) 景观类型连通度

景观连通度是景观生态学研究的主要内容之一,1984 年由 Merriam(玛瑞安)首次应用到景观生态学中,其涵义是描述景观种廊道或基质在空间上如何连接和延续的一种测定指标。大量的研究证实,在破碎景观中,景观连通度对动物栖息地和动植物物种保护具有重要的意义。景观连通度可以分为"结构连通性"和"功能连通性"。Fragstats 提供的计算公式如下:

$$CNNECT = \frac{\sum_{j \neq k}^{n} C_{ijk}}{n_i(n_i - 1)/2} \qquad (0 \sim 100)$$

① Fragstats 是一个计算各项景观指数的共享工具软件,由 University of Massachusetts Amherst 景观生态学中心开发。

式中，C_{ijk} 为 i 类斑块 j 和斑块 k 之间的连通状况（0 表示没连通，1 表示连通），基于用户自定义距离判断连通与否；n_i 为景观中评价景观类别的斑块数目。结果范围为 0～100：0 表示该类所有斑块两两之间的距离都大于用户定义的距离，100 表示所有斑块都在用户定义的距离内。

4. 等级理论

等级理论（hierarchy theory）是 20 世纪 60 年代以来逐渐发展形成的、关于复杂系统的结构、功能和动态的系统理论。它的发展是基于一般系统论、信息论、非平衡态热力学、数学以及现代哲学的有关理论。

（1）根据等级理论，复杂系统具有离散性等级层次

据此，对这些系统的研究可得以简化。一般而言，处于等级系统中高层次的行为或动态常表现出大尺度、低频率、慢速度特征；而低层次行为或过程的行为或动态则表现出小尺度、高频率、快速度的特征。不同等级层次之间还具有相互作用的关系，即高层次对低层次有制约作用（constraints），而低层次则为高层次提供机制和功能，由于其低频率、慢速度的特点，这些制约在分析研究中往往可表达为常数；另一方面，由于其快速度、高频率的特点，低层次的信息则常常只需要以平均值的形式来表达（又称滤波效应）。

（2）等级系统具有垂直结构（即等级层次）和水平结构

就其垂直结构而言，有巢式和非巢式等级系统。在巢式系统中，每一层次均由其下一层次组成，两者具有完全包含与被包含的对应关系（例如，分类等级系统：界-门-科-属-种；军队组成单元系统：军-师-旅-团-营-连-排-班-兵）。在非巢式系统中，不同等级层次由不同实体单元组成，因此上下层次之间不具有包含与被包含的关系（如军队官衔等级系统：司令-军长-师长-旅长-团长-营长……）。在巢式系统中，高层次的特征常常可由低层次的特征来推测，而这一规律在非巢式系统中则不常见。从另一方面而言，只在高层次上才表现出来的超特征现象在非巢式系统中更易观察到。

就其水平结构而言，每一层次由不同的亚系统或整体元组成。整体元具有两面性或双向性，即对其低层次表现出相对自我包含的整体特性，对其高层次则表现出从属组分的受约特性。必须指出，等级系统垂直结构层次的离散性并非绝对，往往是人们感性认识的产物。而这种分析方法给研究复杂系统带来方便。实质上有些等级系统的垂直层次可能是连续性。

（3）等级理论最根本的作用——简化复杂系统，以便达到对其结构、功能和行为的理解和预测

许多复杂系统，包括景观系统在内，大多可视为等级结构。将这些系统中繁多相互作用的组分按照某一标准进行组合，赋之于层次结构，是等级理论的关键一步。某一复杂系统是否能够被由此而化简或其化简的合理程度常称为系统的“可分解性”。显然，系统的可分解性是应用等级理论的前提条件。用来“分解”复杂系统的标准常包括过程速率（如周期、频率、反应时间等）和其他结构和功能上表现出来的边界或表面特征（如不同等级植被类型分布的温度和湿度范围，食物链关系，景观中不同类型斑块边界）。

基于等级理论，在研究复杂系统时一般至少需要同时考虑 3 个相邻层次：即核心层次、其上一层次和其下一层次。只有如此，方能较全面地了解、认识和预测所研究的对象。近年来，等级系统理论对景观生态学的兴起和发展起了重大作用。其最为突出的贡献在于，它大大增强了生态学家的“尺度感”，为深入认识和理解尺度的重要性以及发展多尺度景观研究方法起了显著的促进作用。

5. 边缘效应

(1) 边缘效应

边缘效应(edge effect)是指斑块边缘部分由于受外围影响而表现出与斑块中心部分不同的生态学特征的现象。斑块中心部分在气象条件(如光、温度、湿度、风速),物种的组成,以及生物地球化学循环方面,都可能与其边缘部分不同。许多研究表明,斑块周界部分常常具有较高的物种丰富度和第一性生产力。有些物种需要较稳定的生物条件,往往集中分布在斑块中心部分,故称为内部种。而另一些物种适应多变的环境条件,主要分布在斑块边缘部分,则称为边缘种。然而,有许多物种的分布是介乎这两者之间的。当斑块的面积很小时,内部-边缘环境分异不复存在,因此整个斑块便会全部为边缘种或对生境不敏感的物种占据。显然,边缘效应是与斑块的大小以及相邻斑块和基质特征密切相关的。

(2) 斑块的结构特征

斑块的结构特征对生态系统的生产力、养分循环和水土流失等过程都有重要影响。例如,若斑块大小不同,其生物量在数量和空间分布上亦往往不同。由于边缘效应,生态系统光合作用效率以及养分循环和收支平衡特点,都会受到斑块大小及有关结构特征的影响。斑块边缘常常是风蚀或水土流失的起始或程度严重之处。一般而言,斑块越小,越易受到外围环境或基质中各种干扰的影响。而这些影响的大小不仅与斑块的面积有关,同时也与斑块的形状及其边界特征有关。

(3) 斑块的形状

斑块的形状多种多样,其特点可以用长宽比、周界 面积比以及分维数等方法来描述。例如,斑块长宽比或周界-面积比越接近方形和圆形的值,其形状就越"紧密"。根据形状和功能的一般性原理,紧密型形状有利于保蓄能量、养分和生物;而松散型形状(如长、宽比很大或边界蜿蜒多曲折),易于促进斑块内部与外围环境的相互作用,尤其是能量、物质和生物方面的交换。景观斑块的形状与斑块边界的特征(如形状、宽度、可透性等)对生态学过程的影响是多种多样、极为复杂的。目前,虽然这方法已然出现了一些新颖而颇具启发性的概念模型,但实际研究尚少,这是景观生态学研究的重点和难点之一。

6. 斑块动态理论

斑块动态的概念,至少可追溯到1947年英国生态学家Watt(瓦特)提出的"格局与过程"学说(Pattern-Process Hypothesis)。Watt认为,生态学系统是斑块镶嵌体,斑块的个体行为和镶嵌体综合特征决定生态系统的结构和功能。这种思想在苏联地植物学中也存在已久,如植物小群落、镶嵌群落或聚合群落等概念。其后,特别是20世纪70年代以来,斑块动态概念被广泛地运用到种群和群落生态学的理论与实践研究之中,并逐渐发展成为生态学中一新理论。

邬建国和Loucks(卢克斯)在总结前人研究工作的基础上,进而提出了等级斑块动态范式。等级斑块动态范式的要点包括:

(1) 生态学系统是由斑块镶嵌体组织的等级系统。

(2) 生态学系统的动态是斑块个体行为和相互作用的总体反映。

(3) 格局-过程-尺度观点,即过程产生格局,格局作用于过程,而两者关系又依赖于尺度。

(4) 非平衡观点,即非平衡现象在生态学系统中普遍存在,局部尺度上的非平衡和随机过程往往是系统稳定性的组成部分。

(5) 兼容机制和复合稳定性。兼容是指小尺度上、高频率、快速度的非平衡态过程，被整合到较大尺度上稳定过程的现象。而这种在较大尺度上表现出来的"准稳定性"往往是斑块复合体的特征，因而称之为"复合稳定性"。

等级斑块动态范式最突出的特点是空间斑块性和等级理论的有机结合，以及格局、过程和尺度的辩证统一。因此，这一理论的发展还有赖于也同时有利于聚合种群动态以及景观生态学研究。

7. 斑块-廊道-基质模式

Forman 和 Godron 认为，组成景观的结构单元不外乎有三种：斑块、廊道和基质。

(1) 斑块

斑块泛指与周围环境在外貌或性质上不同，但又具有一定内部均质性的空间部分。这种所谓的内部均质性，是相对于其周围环境而言的。具体地讲，斑块包括植物群落、湖泊、草原、农田、居民区等。因而其大小、类型、形状、边界以及内部均质程度都会显现出很大的不同。

(2) 廊道

廊道是指景观中与相邻两边环境不同的线性或带状结构。常见的廊道包括农田间的防风林带、河流、道路、峡谷、和输电线路等。廊道类型的多样性，导致了其结构和功能方法的多样化。其重要结构特征包括：宽度、组成内容、内部环境、形状、连续性以及与周围斑块或基质的作用关系。廊道常常相互交叉形成网络，使廊道与斑块和基质的相互作用复杂化。

(3) 基质

基质是指景观中分布最广、连续性也最大的背景结构，常见的有森林基质、草原基质、农田基质、城市用地基质等等。在许多景观中，其总体动态常常受基质所支配。

基于长期以来许多领域的研究成果，尤其是岛屿生物地理学和群落斑块动态研究，近年来以斑块、廊道和基质为核心的一系列概念、理论和方法逐渐形成了现代景观生态学的一个重要方面。Forman 称之为景观生态学的"斑块-廊道-基质模式"。这一模式为我们提供了一种描述生态学系统的"空间语言"，使得对景观结构、功能和动态的表述更为具体、形象。而且，斑块-廊道-基质模式还有利于考虑景观结构与功能之间的相互关系，比较它们在时间上的变化。

然而，必须指出，在实际研究中，要确切地区分斑块、廊道和基质有时是很困难的，也是不必要的。广义而言，把所谓基质看做是景观中占绝对主导地位的斑块亦未尝不可。另外，因为景观结构单元的划分总是与观察尺度相联系，所以斑块、廊道和基质的区分往往是相对的。例如，某一尺度上的斑块可能成为较小尺度上的基质，或许又是较大尺度上廊道的一部分。

8. 种-面积关系和岛屿生物地理学理论

(1) 种-面积关系

景观中，斑块面积的大小、形状以及数目，对生物多样性和各种生态学过程都会有影响。例如，物种数量(S)与生境面积(A)之间的关系常表达为：

$$S = cA^z$$

式中，c 和 z 为常数。

应用上述关系式时，需注意两个重要前提：

- 所研究生境中物种迁移与绝灭过程之间达到生态平衡态。
- 除面积之外，所研究生境的其他环境因素都相似。

尽管在生境斑块研究中常常难以同时满足这两条要求，但种-面积关系已被广泛地应用于岛屿生物地理学和群落生态学。考虑到景观斑块的不同特征，种与面积的一般关系可表达为：

$$\begin{matrix}\text{物种丰富度}\\ \text{(或种数)}\end{matrix} = F(\text{生境多样性，干扰，斑块面积，演替阶段，基质特征，斑块隔离程度})$$

一般而言，斑块数量的增加常伴随着物种的增加。

(2) 岛屿生物地理学理论

岛屿生物地理学(Island Biogeography)理论将生境斑块的面积、隔离程度与物种多样性联系在一起，成为许多早期北美景观生态学研究的理论基础，对斑块动态理论以及景观生态学的发展起了重要的启发作用。岛屿生物地理学理论的一般数学表达式为：

$$dS/dt = I - E$$

式中，S 为物种数，t 为时间，I 为迁移速率(是种源与斑块间距离 D 的函数)，E 为绝灭速率(是斑块面积 A 的函数)。

岛屿生物地理学理论的最大贡献之一，就是把斑块的空间特征与物种数量巧妙地用一个理论公式联系在一起，这为此后的许多生态学概念和理论奠定了基础。

9. 聚合种群理论

美国生态学家 Richard Levins(利文斯)在 1970 年创造了“聚合种群”(metapopulation)一词，并将其定义为“由经常局部性绝灭，但又重新定居而再生的种群所组成的种群”。换言之，聚合种群是由空间上相互隔离但又有功能联系(繁殖体或生物个体的交流)的两个或两个以上的亚种群组成的种群斑块系统。亚种群生存于生境斑块中，而聚合种群的生存环境则对应于景观镶嵌体。“聚合”一词正是强调这种空间聚合体特征。

关于种群的空间异质性及其遗传学效应，早在 20 世纪 40 和 50 年代期间就已有研究。这些早期研究为聚合种群理论的发展奠定了重要的基础。然而，需要指出的是所有种群都生存在空间异质性大小程度不同的生境中，但它们不全是聚合种群。

聚合种群理论有两个基本要点：一是亚种群频繁地从生境斑块中消失(斑块水平的局部性绝灭)；二是亚种群之间存在生物繁殖体或个体的交流(斑块间和区域性定居过程)，从而使聚合种群在景观水平上表现出聚合稳定性。因此，聚合种群动态往往涉及到下述空间尺度：

(1) 亚种群尺度或斑块尺度

在这一尺度上，生物个体通过日常采食和繁殖活动发生非常频繁的相互作用，从而形成局部范围内的亚种群单元。

(2) 聚合种群和景观尺度

在这一尺度上，不同亚种群之间通过植物种子和其他繁殖体传播，或动物运动发生较频繁的交换作用。这种经常靠外来繁殖体或个体维持生存的亚种群所在的斑块称为“汇斑块”，而提供给汇斑块生物繁殖体和个体的称为“源斑块”。

(3) 地理区域尺度

这一尺度代表了所研究物种的整个地理分布范围，即生物个体或种群的生长和繁殖活动不可能超越这一空间范围。在这一区域内，可能有若干个聚合种群存在，但一般来说它们很少相互作用。但在考虑很大的时间尺度时(如进化或地质过程)，地理区域范围内的一些偶发作用也会对聚合种群的结构和功能特征有显著影响。

在聚合种群动态的研究中，数学模型一直起着主导作用。Levin 发展了最早也最有代表性的聚合种群动态模型(斑块占有率模型)，这类聚合种群动态模型的数学形式为：

$$dp/dt = mp(1-p) - ep$$

式中，p 是表示被某一物种个体占据的斑块比例，m 和 e 分别是与所研究物种的定居能力和灭绝速率有关的常数。这一表达式可以推广到物种竞争，或捕食者与猎物系统(其对应的数学模型则成为微分方程组)。

聚合种群理论，是关于种群在景观斑块聚合体中运动和消长的理论，也是关于空间格局和种群生态学过程相互作用的理论。因此，它是等级斑块动态理论在种群生态学中的体现。目前，虽然关于聚合种群动态的野外实验研究才刚刚开始。但显而易见，这些研究对于检验、充实和完善聚合种群理论是十分必要的。而这一理论对景观生态学和保护生物学均都具有重要的意义。

10. 景观连接度、渗透理论和中性模型

(1) 景观连接度

景观连接度是对景观空间结构单元相互之间连续性的量度。它包括结构连接度和功能连接度。前者指景观在空间上直接表现出的连续性，可通过卫片、航片或视觉器官观察来确定。后者是以所研究的生态学对象或过程的特征尺度来确定的景观连续性。例如，种子传播距离、动物取食和繁殖活动的范围，以及养分循环的空间幅度等，都与景观结构连续性相互作用，并一起来确定景观的功能连接度。因此，景观连接度密切地依赖于观察尺度和所研究对象的特征尺度，即某现象集中出现的尺度。不考虑生态学过程，单纯考虑景观的结构连接度是没有什么意义的。景观连接度对生态学过程(如种群动态、水土流失过程、干扰蔓延等)的影响，具有临界阈限特征。

(2) 渗透理论

渗透理论已被广泛地应用于景观生态学研究之中，以进一步探究和预测这些特征。渗透理论最初是用以描述胶体和玻璃类物质的物理特性的，并逐渐成为研究流体在聚合材料媒介中运动的理论基础。渗透理论最突出的要点，就是当媒介的密度达到某一临界值时，渗透物突然能够从媒介的一端到达另一端。因此，物理学家可能应用渗透理论来理解和预测这样的问题：在某种不导电的媒介中加入多少金属材料(如黄金等贵重金属)才能使其导电？这一结果自然会使我们联想到能量、物质和生物在景观镶嵌体中的运动。对于这些生态学过程而言，是否也存在某种景观连接度临界值，从而产生类似于渗透过程的突变或阈限现象？比如说，植被覆盖度达到多少时流动沙丘则可得以固定？生境面积占有整个景观面积的多少时某一物种才能幸免于生境破碎化作用而长期生存？

生态学中确实存在不少临界阈限现象。例如，流行病的爆发与感染率、潜在被传染者和传播媒介之间的关系；大火曼延与森林中燃烧物质积累量及空间连续性之间的关系；生物多样性的衰减与生境破碎化之间的变化，都在不同程度上表现出临界阈限特征。此外，害虫种群爆发和外来种侵入过程也表现出类似特征。因此，渗透理论对于研究景观结构(特别是连接度)和功能之间的关系，颇具启发性和指导意义。自 20 世纪 80 年代以来，渗透理论在景观生态学研究中的应用日益广泛，并逐渐地作为一种景观中性模型而著称。

(3) 中性模型

生态学中性模型是指不包含任何具体生态学过程或机理的，只产生数学上或统计学上所

期望的时间或空间格局的模型。Gardner 等相应地将景观中性模型定义为"不包含地形变化、空间聚集性、干扰历史和其他生态学过程及其影响的模型"。景观中性模型的最大作用就是为研究景观格局和过程的相互作用提供一个参照系统。通过比较真实景观和随机渗透系统的结构和行为特征,可以检验有关景观格局和过程关系的假设。渗透理论基于简单随机过程,并有显著的而且可预测的阈限特征,因此是非常理想的景观中性模型。它已经被用于研究景观连接度和干扰(如火)的曼延,种群动态等生态学过程。一般认为,实际景观中的临界景观连接度通常比随机渗透现象中的临界密度要低一些。最近的一些野外实验研究表明,动物个体在景观镶嵌体中的"渗透"不但依赖于景观结构,而且还决定于动物的行为学特征。无疑,这类实验体现了渗透理论对实际研究的指导意义,而且会促进对景观格局和生态学过程之间的相互作用的理解。

11. 镶嵌稳定性与生态控制原理

(1) 镶嵌稳定性

生态系统稳定性是指它们抵抗外界干扰和保持平衡的能力,是对现实状况的一种惯性保持能力。根据机制特征,能够区分出对干扰的高阻抗及从偏离态迅速恢复原状的两种稳定性要素,即惯性稳定与弹性稳定。景观生态系统可视为承载一般生态系统的地段或地域综合体,它的稳定性也具一般生态系统的稳定性特征。景观生态系统还表现为由各种空间单元构成的异质镶嵌状组合,单元本身的稳定及彼此空间关联和组合的相对稳定,维持着景观生态系统的空间镶嵌稳定性。景观生态系统的稳定性包括个体单元稳定性,类同于生态系统稳定性,以及空间镶嵌稳定性两方面。其中由空间关联与过程维持的镶嵌稳定性更具景观生态特色。

对冲击或干扰的反应,是稳定性的重要表现。通常多认为,同质均质性可以增强干扰及其作用后果,导致系统稳定态变化。平坦广阔的农田生态系统中某些病虫害的作用即为一例。实际上,越来越多的证据表明,异质性有时也能加强干扰的扩展和强度。镶嵌结构中,异质性是稳定还是不稳定因素,是抵抗还是加强干扰,要视具体情况而言。而干扰对景观生态系统的镶嵌结构的作用,根据干扰自身的强度和大小不同而不同。无干扰时,景观结构趋于均质化;中度干扰能迅速增加异质性;强度干扰,既可迅速增强亦可迅速减弱异质性,与干扰性质有关。另外,干扰与尺度密切相关,也相关于其所冲击的对象。同样的干扰对小尺度单元作用很大,为强干扰;在大尺度范围,可能表现为小涨落。同样的干扰,对有些单元作用大,对另一些单元冲击效果可能不明显。

(2) 生态控制原理

生态控制是生物控制理论向生态系统尺度上的拓展。生物控制理论,依照 Vester(威斯特,1976)的定义,是指一种通过偏差抵消的负反馈和偏差加强的正反馈环相互耦合的自稳定和自组织,从而使生物系统得到控制和调节的理论。生态控制主要是指生态系统具有调节自身行为的能力。正反馈、负反馈、自适应、自组织、自调节及自完善是现代控制论,包括生物和生态稳定性的代表术语和特征。景观生态系统是多种要素或单元依相互的、因果相关的、正负反馈关联的各种复杂相关过程综合起来的。在反馈环机制中,输出相对于输入变量,当作用反作用在同一方向,同时加强或消减,相互为放大器时,是为正反馈。景观生态系统的生产功能,主要体现了正反馈,而生态保护与自稳定功能,主要体现了负反馈机制。正负反馈环的平衡,有助于维持生产与保护功能之间的平衡(自稳平衡)。

9.5 结　　语

景观生态学是一门横跨自然和社会科学的综合学科，其研究领域十分广阔。许多景观生态学研究不但涉及到地理学和生态学，而且还常常涉及到社会、经济学科。

景观生态学的研究方法也相应地具有多学科的特点。由于其起源与区域地理学和植被科学十分密切，早期的景观生态学方法主要是利用航片、各种照片和地图资料来研究景观的结构和动态，以区域地理和植被调查方法为特点。随着科学和技术的迅速发展，尤其是遥感(RS)和地理信息系统(GIS)的发展，现代景观生态学在研究宏观尺度上景观结构、功能和动态诸方面的方法也发生了显著变化。20世纪80年代以来，北美景观生态学的蓬勃兴起，不但使该领域在概念和理论上焕然一新，而且还发展了一系列以空间格局分析和动态模拟模型为特点的景观生态学数量方法。

景观生态学的发展从一开始就与土地利用规划、管理和恢复等实际问题密切联系。自20世纪80年代以来，随着景观生态学概念、理论和方法的不断扩展和完善，其应用也越来越广泛。其中，最突出的包括在保护生态学、恢复生态学、景观规划设计、自然资源管理等方面的应用。

复习思考题

9.1　景观生态学的研究内容包括哪些方面?

9.2　如何理解景观生态学与自然区划中景观概念的区别与联系?

9.3　举例说明斑块、廊道和基质的概念?

9.4　何谓尺度、粒度和幅度?

9.5　何谓空间异质性? 刻画景观异质性的指标有哪些?

9.6　什么是边缘效应?

9.7　岛屿生物地理学的主要理论是什么?

9.8　何谓聚合种群理论?

9.9　何谓景观连接度?

9.10　如何理解镶嵌稳定性与生态控制原理?

第10章 人类与自然地理环境

在人类出现以前,地球的地理环境处于纯自然状态。自从产生了人类,自然界便开始了从自然状态向自然与人类相互作用状态的转化。整个人类的历史,实际上是人类、自然界和社会相互作用的辩证发展的历史。自然地理学并不是"没有人类"的地理学,因此在综合自然地理学课程中,对于人与自然界的关系(即人地关系)做必要的讨论,是有重要意义的。

人地关系(man-land relationship)是地球表层人类活动与地理环境相互作用形成的一种极为复杂的关系,由此构成的系统是一个具有开放特点和非线性相互作用特点的人地关系地域系统。在这个复杂的开放巨系统中,人始终占据主导地位,人与地关系矛盾的协调过程自古到今一直是地理学和其他相关科学重点研究的综合课题,从古代的"天人合一"思想到近代的人地关系协调思想,升华到现代的"可持续发展"理论,其思维主线始终围绕人地和谐共生这一核心展开。协调人地关系,实施可持续发展战略是当今和今后人类共同追求的永恒战略。

10.1 人地关系与人地关系地域系统

(一) 人地关系

人地关系是指人类活动与地理环境之间的相互关系,是人类起源以来就存在的客观关系,这是一个古老而又崭新的命题。

人地关系命题的古老性表现在:一方面,人地关系是自人类起源以来就存在的客观关系,人类的生存,时刻离不开地理环境;另一方面,人类对人地关系问题的关注也始于人类文明早期,伴随漫长的人类历史,人类对人地关系的认识亦经历了原始宗教的自然崇拜、天命论、天人合一论、地理环境决定论、或然论、人定胜天论、人地协调论等不同人地观的演替。

人地关系命题的崭新性表现在:一是人地关系随人类社会发展而不断变化,特别是伴随工业化进程,人类社会经济活动与地理环境的相互作用越来越强,人地系统的结构与功能越来越复杂,人地关系失调导致的人口问题、资源问题、环境问题与经济社会发展问题在不同的时空尺度上日益尖锐化;二是纵观人地关系认识论的发展历史,呈现出一个不断从肯定到否定,又从否定到肯定的呈螺旋形曲线上升的发展过程。在发展过程中,人地观尽管存在着某种形式和内容上的往复循环,或强调地的作用。或强调人的作用,或强调双方的作用。然而从辩证法角度看,这绝非同一水平层次的往复循环,而是不断上升的过程,是一个伴随着对历史传统的继承与扬弃,伴随着质的跃进的过程。

人地关系的基本涵义可归结为以下几大方面:

1. 人地关系的客观存在

人地之间,同其他任何两种事物一样,存在着一种特有的客观关系,它自人类起源以来就存在。人类为着自身的生存和发展而进行的各项活动,时刻离不开地理环境。人地之间的客观关系表现为:

（1）人对地具有无法挣脱的依赖性

人是地发展到一定程度的产物。同理，人地关系也是地理环境发展到一定程度的产物，时至今日，地理环境仍是人类赖以生存的惟一空间场所和物质基础。

（2）“地”具有不依人的主观意志为转移的客观发展规律

从人的生物属性看，人仅是地的多种组成因素之一，从人的社会属性看，人则是地的多种组成因素中的惟一最为活跃，具有能动功能与机制的因素，是地的主人；人地关系的好坏根源不在于地而在于人。

（3）地对人的作用是一种可变的量，它随人对地的认识、利用能力而变化

因为在一定地域内部只能容纳一定数量和质量的人及其一定形式的活动，其人数与活动的形式都是随人的质量而变化的。这种客观事实证实了地对人的制约性，既无法挣脱而又相对可变。人必须以所处之地为基础，主动地去认识地理环境诸规律，按自然规律去利用改造自然，从而达到使地为人服务之目的，此即人地关系的客观规律。

（4）人与地的客观关系永远不会消失，不论过去、现在和将来都永远存在。

2. 人地关系是一种社会关系

在作为地理学理论概念的人地关系中，“人”指社会性的人，是指在一定的生产方式下从事各种生产活动或社会活动的人，是指在一定的社会空间活动着的人；“地”是指与人类活动有密切联系的，无机与有机自然界诸要素有规律结合的地理环境，是客观上存在着地域差异的地理环境，也是指在人的作用下，已经改变了的地理环境，人地关系就是人类社会不停地向前发展。

3. 人地关系是一种因果关系

从地理学角度探讨人地因果关系，表现为：人与地互为因果，人改造地，地影响人。在不同的时间和场合，或者以人对地的影响为主，或者以地对人的影响为主，两者是互为因果的关系。如人类填海造陆，人是因，地是果；火山地震对人类的破坏，地是因，人是果。两者关系可以互转。

人地关系贯穿于一切人类经济社会活动的始终。正确认识人地关系，用人地关系客观规律指导人类社会活动，可少走弯路，免受挫折，早日实现预期目标，可不断地促进人类与自然环境和睦相处，促进区域人口、资源、环境同经济社会持续协调发展。

（二）人地关系地域系统

人地关系地域系统（areal system of man-land relationship）是指人与地在特定的地域中所形成的相互制约、相互依存的关系系统。在这个系统中，人具有极强的社会性，是一个活跃分子，居特殊地位而格外受到重视。

人地关系地域系统是地理学研究的核心，中国著名地理学家吴传钧（1918～ ）院士详细阐述了人地关系地域系统的基本内涵、研究内容、系统结构与机制以及研究目标等。

1. 人地关系地域系统的结构

人地关系地域系统由自然环境系统和人文环境系统两大部分组成。自然环境系统包括自然资源供给系统和自然条件的保证系统，自然环境系统各组成因素或各子系统遵循自然规律发展变化。人文环境系统包括物质生产系统和人口生产系统，各子系统主要遵循人文规律发展变化，但也受自然规律的制约。因为人文环境系统是地理环境发展到一定阶段的产物，是人类活动作用于自然环境系统的结果，是人类活动在自然环境中留下来的痕迹。自然环境系统

是大背景，人文环境系统是自然环境系统大背景上的叠合、镶嵌，两者关系实质上是一种相互渗透的关系，随着人类活动规模的扩大和深化，自然与人文环境系统将紧密结合，融为一体，构成一个统一的环境系统，人类在这个系统中活动，对这个系统施加影响。

在人地关系地域系统中，人类的一切活动，不论是物质生产活动，还是精神生产活动，还是人类自身的生产（人口生产）活动都要受到自然规律和人文规律的双重制约。一定地理环境中的物质生产能给人口生产提供和创造一定标准的物质和环境条件，人口生产则依据自然和人文环境条件，调节和控制自身的生产规模，为物质生产提供高质量的适量人口。

2. 人地关系地域系统的形成机制

人地关系是包括两个各不相同但又相互联系的变量的一种系统。在这个系统中，所谓“地”是指由自然和人文要素按照一定规律相互交织，紧密结合而构成的地理整体。人在生物圈中之所以居于特殊地位，是因为人兼有生物属性和社会属性，具有认识、利用、改变、保护自然环境和认识、改变、控制自身的能力，具有活动的社会性。因此，人地关系地域系统具有自然与社会两种属性。人地关系地域系统是由地理环境和人类活动两个子系统交错而成的复杂开放巨系统，在这个巨系统中，地理环境是基础，人类是中枢，人类社会和地理环境两个子系统之间的物质循环和能量转化相结合，就形成了人地关系地域系统发展变化的机制。地理环境系统的自然环境为人类活动提供了资源、场所等条件，人文环境为人类活动提供了动力、工具、方式等条件，人类活动系统的发展，不仅使人类本身发生了变化，也使地理环境对人类活动的作用与意义发生了变化。

在人地关系地域系统中，人口与社会经济要素为一端，资源与自然环境为另一端，双方之间以及各自内部存在着多种直接反馈作用，并密切交织在一起，其相互作用的形式主要表现为：一是自然资源对人类活动的促进作用和自然灾害对人类活动的抑控作用；二是人类对自然系统投入可控资源，治理自然灾害，开发不可控资源，从而实现资源产出的经济效益。

3. 人地关系地域系统的研究内容

人地关系地域系统研究的主要内容包括：

（1）人地关系地域系统的形成过程，结构特点和发展趋向；

（2）人地关系地域系统中各子系统相互作用强度分析、潜力估算、后效评价和风险分析；

（3）人与地两大系统间相互作用和物质、能量传递与转换的机理、功能、结构和整体调控的途径与对策；

（4）人地关系地域系统内人口承载力、资源承载力和生态环境承载力的估算与预测；

（5）人地关系地域系统的动态仿真、优化模拟，调控试验与演变趋势；

（6）人地关系地域系统的地域分异规律与地域类型划分；

（7）人地关系地域系统的时空差异性研究。

4. 人地关系地域系统的优化调控

在人地关系地域系统中，常常会出现人类社会与地理环境之间，地理环境各构成要素之间，人类活动各组成部分之间的不平衡发展和不协调乃至冲突现象，客观上要求协调人地关系。要协调人地关系，首先要谋求地和人两个系统各组成要素之间在结构和功能联系上保持相对平衡，保证地理环境对人类经济社会活动的可容忍度，保证人地关系的各个组成要素形成有比例的组合，进而在协调的基础上，达到一种理想的比例组合状态，这就是人地关系地域系统的优化。为了实现系统优化，需要制定弹性优化目标和多种优化方案，采用这种组合优化模

型从众多的可供选择的方案中选出最优调控方案。人地关系地域系统的优化调控过程是一个长期的战略过程，需要从时间过程、空间结构、组织管理、整体协同和系统控制等各方面进行优化和有效调控。

10.2 人地关系的历史探源

(一) 采集狩猎时代：人地整体系统和人地关系构建阶段

距今160万年到1万年前的漫长时期，为人地关系的原始发展阶段。这一时期是人的身体结构和人体功能形成和同步发展时期，是以天然动植物为其全部生产生活对象的采集狩猎时期，是人与自然由完全一体，到人与自然混沌初开的时期。正是这一时期，奠定了人地关系的历史发展基础，构建并预设了人地关系的基本模式。

1. "人地整体系统"的初建——人类以一种崭新的营力参与到地理环境中

语言符号和思维的产生、工具的使用以及人类社会群体的形成使得人类能动地认识环境、调节自身行为、组织社会力量改造自然成为可能，从而赋予了人地关系一些基本的内涵：

(1) 从天然工具到石器工具的制造和使用，人类在体外进化中迈出了决定性的一步

工具的产生，标志着人类创造性的把天然存在物变成人工产物。工具的这一本质特性决定它在人-地作用关系中，主要属于人的范畴，并成为"人地整体系统"的重要一环。工具作为精神与物质相结合的产物，是自然属性与人工属性的统一。

(2) 语言符号的创造和运用，使人类的自我意识得以产生

在心理反应中把自己从周围的自然环境区别开来，使人成为文化、社会的主体，并且使人类认识自身、认识环境的知识得以积累、交流与延续。意识思维的产生，人类从此摆脱了对环境完全盲目的、被动的、本能性的生命活动形式，开始了有目的的、积极的、能动的改造利用环境的历史。

(3) 社会的形成，使人类改造自然的本质力量——肉体力量、物质力量、精神力量得以凝固和强化

社会的延续和发展，使人类形成的生产力、知识和文化绵延传递，并不断形成新的特质。人地关系从"人类-环境"简单化的二元结构变为"人类-人所创造出来的社会存在物(工具、思维、语言、文化、社会组织)-环境"复杂的多元结构，并在其动态发展过程中形成日益复杂化的交互作用关系和特有的互动演化方式。

2. 寄生型人地关系——人地关系的原始形态

与人类后期发展起来的农业不同，采集狩猎不控制人们依存的生产对象的生产和再生产。食物的多寡和结构完全由栖息的环境所决定。这种从动物生存方式沿袭而来的人类早期获食策略，以"低能源消耗(投入的能量只是体力)、低土地生产力、低人口密度"为其基本特点。需要面积广阔的土地才能提供生存的资源基础，采集狩猎者采取资源共享、小规模、松散灵活的社会组织形式，广泛利用各种可食资源，在较大的范围流离转徙、分散聚集，以此来适应波动不稳定的环境。

3. 人地关系"范式"的基本预设——双重基本关系和状态

在这一时期，人与自然、主体与客体尚未产生明显的分化，人与地处于直接的连接状况中。

人地关系一经产生，就表现出人与地的两重关系：一方面，原始人类通过社会组织、劳动工具、意识觉醒、宗教巫术等功能相结合，对地理环境进行积极适应与干预；另一方面，生产力极为低下的原始人类，在强大的自然力量制约下，表现出强烈的依赖、顺应和服从。伴随人地关系上述矛盾冲突与转化，人地关系存在两种基本状态：一类是人与地理环境之间和谐共生状态，一类是人与环境之间对立分裂的紧张状态。

(二) 农业文明时代：农业活动及其人地关系的发展

有限的天然食物以及扩大活动空间所受到的限制，都迫使人类或早或迟由采集式向耕耘式生存方式发展。农业的出现是从驯化动物、培育植物开始的，大约在距今1万年左右的新石器时代。农业和农业社会的产生标志着人类开始由顺应自然到积极地开发利用自然，进而在早期形成的人地关系范式中又融入了新的内容。

(1) 人类的认识能力和生产实践方式发生跃迁

从原始文明到农业文明，人类自身的思维意识、伦理道德、社会组织等具备了自觉认识和调控的能力。正是这一能力的提高，才使人类与环境的关系由原始社会时期的环境决定型或人对环境的寄生型(人类环境)转变为人-地相关型(人类环境)。即人类通过有意识、有目的的活动，在与环境的反馈过程中，不断调节自身活动，来更好地利用环境。随着自然-人文相关知识的积累和人类主体意识的发展，初步形成了“适应环境、利用环境、人地相关”的观念。人地关系也由采猎时代的采集式(掠夺式)，到刀耕火种时期的开垦式(利用式)，发展到传统农业的栽培式。

(2) 人类生产的对象客体发生变化

采猎时期地理环境主要是以提供现存食物的形式而与人类发生关联。进入农业社会，地理环境一跃成为生产活动的组成部分和条件，气候，水、生物、土地、矿藏以自然资源的形式加入到农业、矿业、手工业活动中，土地作为农业文明的核心资源。

(3) 人与环境的作用面、作用强度产生了质与量的飞跃

随着人类生产对象和生产方式的变化以及人类改造利用环境的能力的提高，人与环境的作用面、作用强度产生了质与量的飞跃。在空间上，农牧业活动向所有的适宜区域不断推进，农业生产向外延扩展；在要素上，人类活动与地理要素构成密切的物质、能量联系，不断改变着地貌微形态、自然景观、生物群落、土壤构成、水系分布以及整体的地理环境；在强度上，既表现出对环境要素的改变程度日益加剧，又表现出人类对环境的投入不断加大。与人类史前时期比较，人与环境的关系由单一的、浅层的、直接的、刚性的联系，发展成复杂的、网络的、有正负反馈的、具有可塑性的作用方式。

(4) 农业活动的诞生，标志着真正意义上的人地共同体——人地关系地域系统的建立

由土地综合体、农业生物群落和人类社会活动组成的农业系统，具有自然属性和社会属性的两重性：其自然属性主要表现为土地的自然生产力、生物的生命构造力；其社会属性表现为农业生产是人类有目的的活动，人类通过劳动过程已经改变了土地、生物的天然性状。土地自然生产力作为社会生产力的重要组成部分，成为农业生产生存、发展的依托。

(5) 农业活动使地理环境和生态系统的空间结构、形态发生分异

农业生态系统具有生态系统的一般结构及其作用规律。与自然生态系统相比较，典型的农业生态系统又有它自身的特点：明显的系统边界；缺乏完善的自我调节和维持机制；作物种

类单一、结构简单、拥有巨大的种群。两种系统生存发展对策也迥然有别：人工培育的生态系统追求的主要目标是尽可能高的经济产量，尽可能好的品种品质，最方便有效的利用方式；自然生态系统的生存发展对策是依赖于生物种间的协调、稳定的结构、复杂的食物链和对环境的高度适应达到最稳定的状态。人工培育的生态系统与自然生态系统之间的上述差异，潜存了人类改造利用环境过程与环境自身发展的必然冲突，预设了人类经济行为与自然生态过程的内在矛盾。

(6) 食物生产系统、储备系统、流通系统的建立，在人与环境之间构成了一个缓冲体系，人类抗御自然灾害的能力也随之增强

农业的发展虽然客观上减缓了石器时期人类面临的生存危机和生态危机。然而，农业从它一产生，就潜伏了农业活动特有的环境问题。在自给自足的传统农业体系中，人口的增长超过土地承载力，易造成草场退化、土地沙化、地力衰减、水土流失等一系列传统农业环境问题。

(三) 工业文明时代：工业活动及其人地关系的发展

从文艺复兴到20世纪中叶，人类社会和全球人地关系进入到一个波澜壮阔的崭新阶段：文艺复兴运动重新发现了人和自然，将科学、哲学、艺术、文化从宗教神权中解放出来，重新赋予了人以理性、能力和创造力；科学从哲学中分离出来，在不断形成、发展、分化过程中获得全方位的发展。实验科学和技术科学快速推进，为产业革命提供了理论和实践的基石；以蒸汽机的发明和应用为标志的第一次科技革命宣告了工场手工业时代的结束，进入到机器大生产时代，形成了早期的以纺织、煤炭、冶金、机械为主体的工业体系；以内燃机、电力为标志的第二次科技革命促进了石油、化工、电力、汽车等一系列新的工业部门的形成和发展；水陆交通工具(轮船、火车)的出现使人类克服自然空间障碍的能力显著提高，实现了人类运输史上的重大转折；煤、铁资源大规模开发，社会物质财富获得空前增长。科技革命和产业革命使世界人地关系及其空间地域结构发生了深刻变化，人地关系形成了更为丰富的内涵：

(1) 工业是人类社会物质条件、科学技术和社会组织发展到一定阶段的产物

工业生产和再生产是物理化学变化过程和少量的微生物作用过程，它不像农业那样要受到光、热、水、土的严格制约。工业生产过程是在人工环境下通过人工控制完成的，同样产品可以在不同地区组织生产。工业生产方式是人类真正意义上的物质创造活动。在人地关系中，迅速扩大了人工产物的实体构成及其作用。

(2) 工业生产的原料、能源主要来自矿产资源、农产品资源、生物资源和水资源

矿产资源是工业生产和发展的依托，矿产资源的分布、储量、质量、蕴藏条件及其地域组合状况，在很大程度上影响着工业生产规模、工艺路线、经济效益，而且也直接影响工业结构与布局。矿产资源的非均衡性分布，工业生产原料地、生产地、消费地的不一致，决定了工业对交通运输业的绝对依赖。随着交通通信业功能的日益增强，工业企业布局有了更大的灵活性和选择性，对工业生产地也赋予了更长的生命力。矿产资源不可再生特点，决定了传统工业体系是建立在开采非再生性资源和可耗竭资源基础上的。由此也决定了不管是地区、国家还是全球空间尺度，以化石燃料、铁矿为主体的传统工业在不同时间尺度内终将崩溃、转型、更新。如果说，采集业活动的人地关系是寄生型的，农业活动的人地关系是共生型的，那么，传统工业活动的人地关系则是掠夺型的。

(3) 工业生产向生产专业化和地区专业化方向发展

随着科学技术和生产工艺的不断进步,工业生产越来越向生产专业化和地区专业化方向发展。工业生产专业化促进了传统工业在工业区域的高度聚集,形成工业地域综合体。工业生产的集结产生了经济意义上的规模效益和聚集效益。工业、城镇、交通体系的构建,成为带动区域人地关系发展的"增长极"和"增长轴线",拉开了区域发展之间的差距,促进区域非均衡发展。在传统农业类型分异基础上,形成了人地系统的立体分异体系。

(4) 工业的形成和发展推动着人类社会全方位、深层次的变革

工业提供大量的生活资源,物质财富的巨大增长标志着人类文明进入到一个新的阶段——工业文明时代;工业为社会各产业各部门提供了多种原材料、能源和几乎全部的生产资源,从而使农业现代化、交通现代化、国防现代化等成为可能;工业与城市的结合,成为城市发展壮大的基本驱力;工业化过程加速了社会越来越细的分工和社会越来越密切的联系,工业活动支撑着全球社会经济联系,同时又是经济物质化的具体体现。蒸汽机、内燃机、电动机等动力机器使人类的功率成千上万倍扩大,工作机、传输机、自动控制机等机械生产系统,使人类生产规模大幅度提高,由"人-动力-机器"组成的系统使人类具有了更强大的利用自然、影响自然的能力。

(5) 人类又以更大的规模和强度利用和影响自然环境和人工环境

工业通过对资源的开发利用,创造了大量非天然的人工产物(包括工业产品和工业废品),人类使用自己制造的人工产物又以更大的规模和强度利用和影响自然环境和人工环境。科技推动下的工业活动正是通过这种正反馈的增长激励机制形成了人与环境复杂而密切的联系,新的作用方式和特点。在广度上,边际、自然环境差的资源得到开发;在深度上,随着技术的进步,资源价格的提高,资源技术临界品位、经济临界品位发生推移,资源开发的品位降低,更多的资源种类和贮量进入资源体系中。资源开发率、利用率的大幅度提高,其效果等同于增加了资源量。如果说农业活动主要以"面"的形式与生态环境发生作用,那么工业活动则是以"点"(矿山、工业区)、"线"(河流、交通)、"面"(森林、水域、耕地)、"立体"(大气)的形式与环境形成多层多维关联。

不可否认,工业社会的兴起解决了农业社会长期发展缓慢的问题以及减缓了由农业活动引起的部分生态环境压力。煤、石油、天然气等化石燃料的开发利用一方面以能源形式替代了农业时代的生物能源;另一方面以原料、合成品形式替代了早期阶段的生物资源,进而在一定的程度上减缓了人类对生物资源的开采和破坏。然而,工业内在的属性从一开始就决定了它发展的物质障碍——迅速耗竭的资源基础,发展的阶段障碍——严重的环境问题,以及由此产生的生态问题和社会问题。现存的工业活动,既不同于生物活动(有新陈代谢功能而不断循环更新),又不同于农业活动(在保持地力的基础上可以周而复始的进行再生产)。现代工业系统尚未演化成一个封闭的循环圈(循环经济),尚未达到凭最终来自太阳的可以再生的资源就能生存下去的境界。

工业过程,一方面表现为原材料浓度富集和空间上的集聚(工业区)的过程;另一方面表现为开采、生产、消费(目前只有部分物质回收利用)过程中,能源不断耗损、物质不断散失的过程。由此可见,工业生产是一个不可逆的、开放的耗散系统。在这个过程中,所有资源的"源"来自于环境,所有物质能源消耗后的"果"集聚于环境。工业活动并没有有效地解决农业环境问题,反而产生了更为严峻的现代环境问题,如大气污染、水污染、土壤污染、噪声污染及全球

气候变暖等。

(四) 建设人地系统协调发展阶段

面对越来越严重的危机,人类中的智者提出了"可持续发展"(sustainable development)的理念,并逐渐得到认同。所谓可持续发展,就是"既满足当代人需要,又不损害后代人满足其需要的能力的发展"。

迄今为止,人类所采取的具体措施有:承诺减少温室气体排放量,禁止生产破坏臭氧层的化学品,不砍或少砍森林,在国际上禁止某些货物如象牙、犀牛角的流通,采用先进技术减少污染等等。但是,自然地理环境恶化的速度并未有可察觉的减缓,全球环境问题日趋严重,要达到建设和谐的人地关系的目标,还要付出很大努力。

10.3 人地关系思想的发展

人地关系思想的产生,经历了一个漫长的历史过程。在这个漫长的历史过程中,曾出现了许多不同的,甚至对立的人地观,这些人地观都是围绕"人地关系"展开的,都企图说明人地关系的客观规律。人地关系论是地理科学发展进步的产物,是近代地理学思想理论的高度概括。下面按照人地关系论产生与发展的历史顺序和代表性依次重点介绍地理环境决定论、或然论和人地关系协调论的基本观点、代表人物与学术思想。

(一) 地理环境决定论

一般简称决定论(determinism)。地理环境决定论是一种典型的必然论人地观,把自然环境看成是社会发展的原因和社会发展的决定因素,认为地理环境是人类社会发展的终极原因,是各种人文现象的决定因素,一切社会现象都受自然规律制约,都是自然环境的必然结果。代表人物有法国启蒙思想家 Montesquieu(孟德斯鸠,1689～1755)、德国地理学家 Ratel(拉采尔,1844～1904)、美国学者 Semple(森普尔)、Huntington(亨丁顿)和英国历史学家 Buckle(巴克尔,1821～1862)等。

法国学者 Montesquieu 被称为是环境决定论的先驱,在其《论法的精神》中强调了地区特征尤其是气候对法律制定的影响,提出气候决定人生的观点,认为"气候的王国才是一切王国的第一位",炎热气候有损人的力量、勇气,民族秉性懦弱;寒冷给人勇敢的心和伟大的行动。希腊哲学家 Ariltotle(亚里士多德,公元前 384～322)认为,寒冷地区的民族勇敢无畏,但缺乏智慧和技术;亚洲民族很聪明,但缺乏勇敢进取的精神;居住在两者之间的希腊民族兼具两者的优点,所以能够自立,并能够统治其他民族。希腊哲学家 Plato 则认为海洋使国民的思想中充满了商人的气质,以及不可靠的虚伪的性格。德国哲学家 Georg Wilhelm Friedrich Hegel(黑格尔,1770～1831)和英国学者 Buckle 认为不同的气候地理条件是导致不同的历史进程的原因,则是完全的历史唯心主义了。Buckle 在《英国文明的历史》中把个人和民族特征归之于自然条件的效果。"高大的山脉、广阔的平原使人产生一种过度幻想和迷信。当自然形态较小而变化较多时,使人早期发展了理智"。

Ratzel 是公认的环境决定论的倡导者,在其《人类地理学》一书中认为,"人是环境的产物,其活动、发展和分布与生物一样都受环境的限制;他把国家比做有机体,与一般有机体一样有

生长和老死；一个国家侵占别国领土是其内部生长力量的反映，强大的国家为了生存必须有生长的空间”。他还将环境对人的影响归结为4个方面：生理的直接影响；心理的影响；对于人类社会组织和经济发达的影响；支配人的迁徙和最后分布的影响。

地理环境决定论的主要缺陷表现在：

(1)决定论使人类处于听天由命的境地，走上地理宿命的道路，影响人类去争取建立自己美好家园的努力，不再去改造周围的环境。

(2)掩盖了人地关系的实质性矛盾。

(3)忽视了因果观的随机变化，缺乏概率论思想，认为一个原因只有一个必然的结果，而且原因就是原因，结果就是结果，两者不能转化。

纳粹德国的地缘政治学家 Haushofer(豪斯霍费尔，1896～1946)把 Ratzel 的“生长空间”理论发展为臭名昭著的“生存空间”理论，认为“优等民族”为了发展可以侵犯“劣等民族”，成为纳粹德国发动“二战”的重要思想根源。

(二) 或然论与可能论

或然论(probability)的主要代表人物有法国地理学家 Paul Vidal de la Blache(维达·白兰士，1845～1918)和 Brunhes(白吕纳，1869～1930)。

或然论由 Blache 首创。Blache 认为“地理科学不是单纯从书堆里求得的科学”。他从1898年任索尔蓬大学地理系教授直到1918年去世。在 Blache 的创导下，法国地理界人才辈出，第一次世界大战后，法国16所大学都开设了地理课程，各大学的地理学教授均为 Blache 的学生。其或然论观点为：

(1) 地理学以研究地球表面各相关现象的因果关系为目的。

(2) 在人地关系中，除地的直接作用外，还有其他许多因素在起作用。

(3) 人地关系的重心不在自然而在于人类，人类生活方式不完全是环境统治的产物，而是各种因素的复合体。

(4) 地理环境本身包含着许多可能性，其是否被利用完全取决于人类的选择能力。

(5) 自然环境对人类的某些活动具有直接影响，同时人类对自然环境也有生理适应能力，这种适应不是被动的，而是主动的。

(6) 自然界没有必然，到处都存在着机遇，人类是这种机遇的主宰，可以自由支配他们，由此可居于环境之上。

Brunhes 在继任巴黎大学人文地理教授发表就职演说时表达了他对 Blache 的敬意，也反映了 Blache 在法国地理界的崇高威望。他说：“今天，恕我骄傲地声明，我是 Blache 教导出来的学生，而且将永远是他的学生，我的思想，我的感觉，我对人地关系的最初认识乃至于我对地理学的爱好，莫出于老师的教化。”从1920～1930年，Brunhes 共出版专著四部，即《人地学原理》、《历史地理》、《法国人生地理》(1卷)、《法国人生地理》(2卷)。这四部巨著阐述了他的或然论人地观点：

(1) 心理因素是地理事实的源泉，是人类与自然的媒介和一切行动的倡导者。他说：“心理因素是随不同社会和时代而变迁的，人们可按心理的动力在同一自然环境内不断创造出不同的人生事实来”。“自然是固定的，人文是无定的，两者关系常随时代而变化”。

(2) 人生地理研究人地相关，完全建立在解释精神上，凡此人之于地；地之于人，相互影

响，相互依据，不加以解释，何以见其关系差别——旧地理学为地的叙述，新地理学为地的科学。

(3) 地面自然与人文现象，非各个独立，实相互关系，这即谓“自然团结”。

(4) 人生地理之事实，无时不在演化中，人生地理，非静的科学，乃动的科学。“地理者，乃地球现代生活之研究”。

(5) 人生地理与自然地理不同之处在于：人为有意志的动物、人间之关系，岂能如纯粹的自然界现象，有一定不易之方式，自然地理多半为物理数学性现象，故有绝对性定理。人生地理则不然，人受地之影响，地亦受人之影响，人之意志、智力与才能因时而不同，故地之利，人与人之利地，亦因人、因时而异。

或然论的缺陷评价：

(1) 或然论人地相关论不是完美无缺的。

(2) Brunhes 片面强调心理因素的作用，把它看做是地理事实的源泉、人地关系的媒介。从因果关系来分析，若心理因素是原因，地理事实是结果，而不再有决定地理因素的原因了，那么就会导致唯意志论。若心理因素的原因要从地理环境中去找，那么转一圈又回到了地理环境决定论，从而说明或然论未能与决定论划清界限。

(3) 或然论人地观仍未能找到人地关系的决定性因素。

(三) 协调论与和谐论

人地关系协调论也称协调论或和谐论(harmony)，它是正确人地关系的探求，包括两层含义：一即在人地关系中，强调人类利用自然界时，要保持自然界的平衡与协调；二是在研究人地关系时，强调人类在开发利用自然过程中，要保持人类与自然环境之间的平衡和协调。协调论已成为当今世界共同探索的主要人地关系理论。

英国地理学家 Roxbz(罗士培，1880～1947)首先使用“协调”一词表示在自然环境对人类活动具有限制作用，而人类社会又利用环境的情况下应有的人地关系。近三四十年来，由于许多全球性问题的出现，协调论逐渐深入人心，并逐渐形成了人地关系上的和谐论。

协调，或译为和谐，指各种物质运动过程内部各种质的差异部分、因素、要素，在组成一个统一整体、协调一致时的一种相互关系和属性。协调作为一种相互关系和物质属性，具有 3 个要点：

(1) 一个整体概念，不是指单要素。

(2) 各要素间不是杂乱无章的关系，而是有机有序。

(3) 事物内部非静止、停滞，不取消事物的矛盾和差异性。

下节将重点对人地关系协调论作以系统介绍。

10.4 人地关系协调论

(一) 协调论的基本特点与内涵

1. 协调的概念与特点

协调，即和谐，是指各种物质运动过程内部各种质的差异部分或要素，在组成一个统一整

体，协调一致时的一种相互关系和属性。协调是事物对立面的统一，是差别中的一致，其内涵包括：

（1）协调具有整体性特点

协调统一体必然是一个有机的整体，有机整体是协调的基础。物质内部单独一个孤立的组成部分、要素和因素不能构成为协调。但协调统一体绝非是一堆杂乱无章的堆积物，而是一个其内部具有各种有机联系的整体。有机整体之所以是协调统一体的基础，是因为自然界的一切物质系统和物质运动过程，只有在以有机整体的形式和状态出现并运动变化时，它们的内部各组成部分、要素、因素之间的数量比例才能协调和匀称，结构才能合理而有序，从而才能使协调统一体向着最优功能的方向发展。

（2）协调具有对称性、一致性和有序性特点

对称性的具体表现是事物内部联系和规律的协调统一。对称性是指自然界存在的一切物质和运动过程都有与其对应的方面，如形态的对映、现象上的相同、结构上的重复、性质上的一致、规律性的不变等。从某种意义上说，我们所处的世界就是一个对称的世界。但是，对称性也有一定的适用范围和一定的条件，在研究对称性时，一定要注意对称性是多样的、有差别的、有条件的，以达到深刻揭示自然界各种物质和过程协调统一具体内容的目的。结构的有序性和比例协调一致性是物质及运动过程内部关系和谐统一的标志。只有达到了内在的协调一致和结构有序，物质或物质运动才能显示出对称性和整体性。一个协调统一体首先要求内部各要素之间紧密联系，互为条件，互相依赖，互相作用。要求各组成要素之间是协调一致的关系，具有一定的、互相搭配合理的数量比例。其次要求在协调一致中建立平衡有序的整体结构，使得整体各组成部分、要素之间的空间排列顺序表现出一定的规律性。在有机统一整体中，各组成要素相互促进，向着结构越来越合理的方向发展。

（3）协调具有对立统一性

协调不是调和、停滞，也不能简单说成是共性，协调不能取消事物的矛盾斗争和事物之间的差异性。黑格尔曾对此作过论述，他提出："和谐一方面体现出本质的差异面的整体，另一方面也消除了这些差异面的纯然对立。因此，它们的互相依存和内部联系就显现为它们的统一。"和谐是物质系统内部各差异、对立的部分、要素、因素中协调一致的关系。故协调是对立面的统一，是差异中的一致。

2. 人地关系协调论的基本内涵

人地关系协调的思想作为一种理论被提出来是在20世纪20年代。美国学者Barrows（巴罗斯，1880～1947）于1924年提出了适应论的观点，强调人地关系中人对环境的认识和适应。在此基础上，同时代的英国学者Roxbz发展了这种思想。他认为人地关系应包括两方面的涵义：一是人们对其周围自然环境的适应；二是一定区域内人和自然环境之间的相互作用。在此基础上，他首先提出了"协调"的思想，即人类需要主动地、不断地适应于环境对人类的限制，而这种"适应"，实际上是一种不断的调整，是人类有意识地对人地关系的协调。

中国人文地理学家李旭旦（1911～1985）指出：自20世纪60年代以后，在地理学的理论方面，自然与人文的统一性已在全世界再次得到确认。在人地关系上，已形成了人与环境间的"和谐论"，从而奠定了现代地理学的统一性和综合性。……和谐论主张分析人与环境的关系，以谋求自然环境与人类生活间的协调。它已成为人文地理学理论的一大革新。70年代以来，分析并协调人与环境的关系正成为人文地理学的新课题。

协调论作为一种新型的人地关系观点，崛起仅有十多年的历史。虽然为时不长，但这种观点“普及”的速度很快，并愈来愈为世界地理学界所重视，甚至通过新闻媒介传播，在国际的不少场合也成为各学界和相关人士议论的话题。这种观点之所以能较快得到发展并为人们所普遍重视，主要是与世界当前人们所关注的一些重大紧迫问题——世界人口急剧膨胀、各种资源的日益减少和感到匮乏、环境污染严重、生态平衡失调、自然灾害频繁出现、粮食时常紧缺等一些问题急需解决有关。1980 年 9 月，在东京举行的 24 届国际地理学会议上，担任大会主席的英国伦敦大学教授 Wise(怀斯)在开幕式上就曾指出：“在今日世界人口日增，环境变化急剧，资源匮乏和自然灾害频繁的处境中，如何去协调自然和人类文化生活的关系，已成为国际地理学界所面临的主要的任务。”中国科学院地理研究所吴传钧院士在《地理学要为国土整治服务》(1982)一文中，亦对要协调好人与自然的关系提出呼吁：“……必须恢复和保护地球维持生命的能力，当务之急要协调好人和自然的关系”。总之，人类社会的进一步发展，要求人地关系必须协调，马克思的“合理调节”思想，以及恩格斯关于人与自然作为一个“和谐的整体”的思想，逐渐为越来越多的人所接受和理解。历史的教训使人类得出这样的结论：人类不能再作自然的奴隶，人类也不能把自然当作奴隶。人与自然，人与环境之间，需要的是和谐，人类与环境应是“和睦相处”、“相得益彰”的和谐关系。这种新的人地关系，亦可称作是一种共生关系。

综上所述，人地关系协调论的基本内涵有三层：

(1) 地对地的协调，即在人地关系中强调人类利用自然界时要保持自然界的生态平衡与协调。

(2) 人与地的协调，即在研究人地关系时强调人类在开发利用自然的过程中要保持人类与自然环境之间的平衡与协调。

(3) 人与人的协调，即强调在开发利用自然界的各种人类之间保持的和睦、妥协与协调和人类生态活动与生产活动的平衡与协调。

(二) 协调人地关系的哲学依据与基本原则

1. 协调人地关系的哲学依据

(1) 协调的对立统一规律依据

协调本身包含着差异、对立和矛盾。在所谓没有差异、没有对立的物质内部之间，是谈不上协调的。所以协调必须以差异、对立为前提。因此，从辩证法的角度看来，协调是一种对立的统一，协调之中既有相互适应，又充满着相互作用和矛盾斗争。在每一个协调统一体中，各相异、对立的组成部分和要素，一方面彼此存在，相互分离，相互对立，另一方面又相互联系、相互依存和相互渗透。在一定条件下，相异和矛盾的双方向自己的相反方向转化。但在它们相互转化的过程中，出现了一种特殊的形式。每一个相异、对立和矛盾的部分在转化时，互相之间融合、中和、化合、结合、贯通等，形成一个具有新质的、协调一致的整体，这是一个稳定、平衡的，并具有新功能的整体，也就是协调统一体。

(2) 协调的物质世界统一性原理依据

马克思主义认为，客观世界是统一的。但这种统一是有差别的统一，不是一种因素统一于另一种因素，而是多种因素统一于一个有机整体。因此，所谓统一，就是多样性中、差别性中的统一，多样性是统一性的前提和基础。自然界中的统一性形式多种多样，既有许多纵深层次的悬殊极大的各种大统一和小统一，又有各种各样横向水平的大统一和小统一，还有不同等级、

层次的各种物质运动形式之内和各种物质运动形式之间的统一。这些科学论点都表明协调思想在科学总体上占有极其重要的地位。

2. 协调是人地关系的基本原则

南京师范大学石尚群在《一种新的人地关系观点——协调论》(《北方地理教学》,1984.1)一文中,提出了人类要实现人地关系的真正协调,必须遵循以下六大原则:

(1) 动态协调

谋求人地关系的协调,既是当代的迫切任务,又是一个不断完善的过程。由于人地关系本身处于不断变化发展之中,而人类的科技水平和知识能力又会受到时代的局限,所以人地之间的协调总是具有相对性,绝不可能一劳永逸。协调论者所谋求的是一种动态的协调。当人地关系已经初步协调之际,不能满足现状,而要尽可能地使其完善。当由于一因素变化打破了原有的协调时,则应随之尽快地建立起新的协调。

(2) 综合协调

组成自然环境的各个要素之间是相互联系、相互制约和相互渗透的,人类所谋求的,只能是人类社会与整个自然环境的综合协调,而不可能是与其中某一要素之间的所谓协调。

(3) 长远协调

协调人地关系,不可能只顾眼前利益,而要作长远打算,要为子孙后代着想。人类为了某种目的而作用于自然环境,自然环境必然要做出反应。这种反应有时是迅速的,显而易见的,它带来的副作用人们是可以预见的,有时则是缓慢的、不易察觉的,其造成的副作用是不可预见的。

(4) 全球协调

环境问题是不受国家疆界限制的。但是为了实际目的,人们总是以一国、一地或至多是几国共同关心的区域为单位,去谋求人地之间的协调。因此在实际工作中,特别是在对大气、公海和国际河流的利用和治理进行协调时,一定要放眼世界,兼顾四邻,不能以邻为壑,不能把祸水引向别国、别地。

(5) 地域协调

地球拥有巨大的空间,在不同地区、不同部位,有着不同的物质基础和外界因素,因而也有不同的变化过程和结果。在协调地球上各个区域的人地关系中,既要考虑到全球的共性,又要注意地域的差异。不能根据一个地区的情况,简单地去控制全球,不能用一个固定的模式去套一切。

(6) 主导协调

归根到底,人地之间的关系,要依靠人类主动、积极地去协调,人类对自然环境不应消极适应,甘受控制,也不应盲目干预,肆意掠夺,而应在认识、尊重和运用客观规律的前提下,有目的、有计划地去谋求人地关系的协调。要把自然环境引向有利于提高全人类的物质文化生活水平的方向。

(三) 人地关系协调的主要领域

协调人地关系首先要谋求地和人两个系统各组成要素之间在结构和功能上保持相对平衡,这是维持整个世界相对平衡的基础,是人与地能够长期共存的基础。协调的目的不仅在于使人地关系的各组成要素形成有比例的组合,关键还在于达到一种理想的组合,即优化状态。

优化目标是多种的，包括资源的合理有效利用，生产力和城镇系统的合理布局；所有的经济活动都要谋求经济效益、社会效益和环境效益三方面的结合等等。具体来讲重点协调以下几大领域：

（1）协调人口增长与经济发展的关系

人既是生产者又是消费者，作为生产者需要生产资料，作为消费者需要生活资料。无论是生产资料还是生活资料，最终都是来自于自然界。但由于地球是人类惟一的居住地，所以虽然随着生产技术水平的提高所提供的原料的种类和数量会有所增加，但能供给的毕竟不是无限的，而是有限的。因此，必须协调环境供给的有限性和人们不断增加的需求之间的矛盾，必须协调好人口增长与经济发展速度的相互制约关系，确保人口与经济的协调发展。

（2）协调资源开发与经济发展的关系

自然资源是人类生存和经济发展的重要物质基础。人类每时每刻都离不开自然资源，它是人类衣、食、住、行的源泉，也是人类开发利用的对象，更是经济发展的前提，人类活动与自然资源的关系非常密切。关系搞好了，我们就可以从大自然得到越来越多、越来越好的东西来改进人类的生活；反之，开发利用资源如果不得其法，违背客观规律办事就会破坏、污染环境，影响生态平衡。目前，由于生产力水平和人口素质等限制以及人类对生活水平提高的迫切要求，人类活动不顾自然环境的承受力对自然资源进行掠夺式开发的问题表现得非常突出，导致全球性资源危机的日益严重，必须用可持续发展的观点，在确保自然资源合理开发与永续利用的前提下，追求经济的持续稳定增长。

（3）协调经济发展与生态环境保护的关系

经济发展与生态环境保护往往是一对矛盾的统一体，经济发展必然要破坏生态环境，生态环境破坏了，必然会制约人类生存与经济发展；反过来，经济发展了，可为生态环境建设提供更多的建设资金，促进生态环境的良性循环，良化的生态环境又给经济发展创造一系列有利条件。在实际工作中，必须正确处理两者的相互制约与相互促进关系，确保经济与环境的协调发展，确保生态环境的恢复重建与良化。

（4）协调经济发展与社会进步的关系

经济发展不等于社会发展，更不等于社会进步。经济发展了，并不就意味着全体社会成员经济条件与社会政治状况的改善，并不意味着消除贫困，减少贫富差距，但社会进步在任何情况下都离不开经济增长。在实际工作中，必须正确协调好经济发展与社会进步的关系，把社会发展与进步作为区域发展的最终目标，把效率与公平并重作为协调的基本准则，把经济发展作为社会进步的主要手段。

（5）协调区际之间的关系

世界各地区开发历史迟早，自然资源、自然条件、社会文化条件都有很大的不同，所以各地的经济发展水平、人口分布、文化发展程度以及生态环境的稳定程度都有着巨大的差异。如中国沿海与内地，南方与北方，即使在发达地带也有落后的地区。这就要求在开发建设时要针对地区间差异显著的特点，根据各地的自然资源以及人口、文化、民族、经济基础等条件进行合理协调，扬长避短，发挥优势，建立适合本地区发展的产业结构，科学地制定区域经济、社会、生态发展战略，使每一个地区，每一个民族都得到持续协调的发展。另外行政区之间，行政区与经济区的矛盾也亟待协调。因为行政区彼此之间分割市场和自成一体的经济体系，人为地造成行政区之间的摩擦，加剧了地区之间的矛盾；行政区与经济区之间，由于缺乏协调，使经济区内

耗较大，也冲淡了跨行政区的经济区的联系和合作，在行政区间出现间断地带，影响区域经济一体化的形成。因此只有协调它们的关系，才能使区域经济协调发展。

(6) 协调代际之间的关系

在区域人口、资源、经济和社会发展中，除了注重区域与区域之间关系与矛盾的协调外，还要重视协调人口增长的代际协调关系，资源开发与经济发展的代际协调关系以及社会发展的代际协调关系，强调代际之间的公平效应，绝不能吃子孙饭，断子孙路，确保自然生态环境和自然资源在代际之间公平享用和合理配置。

10.5 可持续发展论

(一) 可持续发展的缘起

可持续发展理论的形成经历了相当长的历史过程。20世纪50～60年代，人们在经济增长、城市化、人口、资源等所形成的环境压力下，对“增长＝发展”的模式产生怀疑并展开讨论。1962年，美国女生物学家Rachel Carson发表了一部引起很大轰动的环境科普著作《寂静的春天》(Silent Spring)，作者描绘了一幅由于农药污染遭肆虐的可怕景象，惊呼人们将会失去“春光明媚的春天”，在世界范围内引发了人类关于发展观念上的争论。

10年后，两位著名美国学者Barbara Ward(巴巴拉·沃德)和Rene Dubos(雷内·杜博斯)的享誉全球的著作《只有一个地球》(Only one Earth)问世，把人类生存与环境的认识推向一个新境界，即可持续发展的境界。同年，一个非正式国际著名学术团体即罗马俱乐部发表了有名的研究报告《增长的极限》(The Limits to Growth)，明确提出“持续增长”和“合理的持久的均衡发展”的概念。1987年，以挪威首相Gro Harlem Brundtland(布伦特兰)为主席的联合国世界与环境发展委员会(WCED)发表了一份报告《我们共同的未来》(Our Common Future)，正式提出“可持续发展”观点，并以此为主题对人类共同关心的环境与发展问题进行了全面论述，受到世界各国政府组织和舆论的极大重视，在1992年联合国环境与发展大会上可持续发展要领得到与会者承认与共识。

(二) 可持续发展的基础理论

1. 可持续发展的基础理论

北京大学叶文虎教授认为，可持续发展基础理论应包括以下内容；

(1) 环境承载力论

环境对人类活动的支持能力有一个限度(或阈值)，人类活动如果超越这一限度，就会造成种种环境问题。环境承载力可以作为人类社会经济活动环境协调程度的判据之一。

(2) 环境价值论

环境是有价值的。环境之所以能直接或间接地满足人类社会生存发展的需求，首先是因为它具有响应需求的价值属性。

(3) 协同发展论(或环境场论)

指发展与环境的“调适”和“匹配”，借用物理学中的“场”的概念，如果我们认为人类社会的发展行为构成了一个“发展行为场”，环境的状态构成了一个“环境状态场”，那么环境与发展之

间的相互联系又相互独立，相互支持又相互制约，相互作用又共同变化的关系就可以用“发展行为场”和“环境状态场”之间的关系来表现。

2. 可持续发展的概念

可持续发展，亦称“持续发展”，其定义是“既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。中国有的学者对其作了如下补充：可持续发展是“不断提高人群生活质量和环境承载能力的、满足当代人需求又不损害子孙后代满足其需求能力的、满足一个地区或一个国家发展需求又不损害别的地区或国家人群满足其需求能力的发展”。美国世界观察研究所(World Watch Institute)所长 Leste Brown(布朗)教授则认为，“持续发展是一种具有经济涵义的生态概念……。一个持续社会的经济和社会体制的结构，应是自然资源和生命系统能够持续维持的结构”。

可持续发展定义包含两个基本要素或两个关键组成部分：“需要”和对需要的“限制”。满足需要，首先是要满足贫困人民的基本需要。对需要的限制主要是指对未来环境需要的能力构成危害的限制，这种能力一旦被突破，必将危及支持地球生命的自然系统的大气、水体、土壤和生物。决定两个基本要素的关键性因素是：

(1) 收益再分配以保证不会为了短期生存需要而被迫耗尽自然资源。

(2) 降低主要是穷人对遭受自然灾害和农产品价格暴跌等损害的脆弱性。

(3) 普遍提供可持续生存的基本条件，如卫生、教育、水和新鲜空气，保护和满足社会最脆弱人群的基本需要，为全体人民，特别是为贫困人民提供发展的平等机会和选择自由。

3. 可持续发展的内涵

(1) 可持续发展的公平性内涵

“人类需求和欲望的满足是发展的主要目标”。然而，在人类需求方面存在很多不公平因素。可持续发展的公平性涵义是：一是本代人的公平。可持续发展满足全体人民的基本需求和给全体人民机会以满足他们要求较好生活的愿望。要给世界以公平的分配和公平的发展权，要把消除贫困作为可持续发展进程特别的问题来考虑；二是代际间的公平，这一代不要为自己的发展与需求而损害人类世世代代满足需求的条件。

(2) 可持续发展的持续性内涵

Brundtland 夫人在论述可持续发展“需求”内涵的同时，还论述了可持续发展的“限制”因素，可持续发展不应损害支持地球生命的自然系统：大气、水体、土壤能超越资源与环境的承载能力。

(3) 可持续发展的共同性内涵

可持续发展作为全球发展的总目标，所体现的公平性的持续性原则是共同的。并且，实现这一总目标，必须采取全球共同的联合行动。Brundtland 夫人在《我们共同的未来》的前言中写道：“今天我们最紧迫的任务也许是要说服各国认识回到多边主义的必要性”，“进一步发展共同的认识和共同的责任感，这是这个分裂的世界十分需要的”。

4. 可持续发展的内涵特征

可持续发展鼓励经济增长，因为它体现国家实力和社会财富。可持续发展不光重视增长数量，更追求改善质量、提高效益、节约能源、减少废物，改变传统的生产和消费模式，实施清洁生产和文明消费。

可持续发展要以保护自然为基础，与资源和环境的承载能力相协调。因此，发展的同时必

须保护环境，包括控制环境污染、改善环境质量、保护生命支持系统及生物多样性、保持地球生态的完整性，保证以持续的方式使用可再生资源，使人类的发展保持在地球承载能力之内。

可持续发展要以改善和提高生活质量为目的，与社会进步相适应。可持续发展的内涵均应包括改善人类生活质量，提高人类健康水平，并创造一个保障人们享有平等、自由、教育、人权和免受暴力的社会环境。

总之，可持续可总结为3个特征：生态持续、经济持续和社会持续，它们之间互相关联而不可分割。孤立追求经济持续，必然导致经济崩溃；孤立追求生态持续，不能遏制全球环境的衰退。生态持续是基础，经济持续是条件，社会持续是目的。人类共同追求的应该是自然、经济、社会复合系统的持续、稳定、健康发展。

(三) 可持续发展的几种观点

有学者认为，可持续发展的根本点就是经济、社会的发展与资源、环境相协调，核心是生态与经济相协调。还有学者认为，持续发展的核心问题是资源的持续利用，首先必须解决好资源在当代人与后代人之间的合理配置，既要保证当代人的合理需求，又要为后代人留下生存和发展条件；另一方面，应重视资源在各地区各部门和每个人之间的合理分配问题，重点要解决贫困，贫困落后是造成资源闲置或浪费的根本原因。也有人认为人类首先要保证自下而上，其次是持续发展。发展应当十分注意扩大自下而上空间，保证生存基础，改善生存条件，提高生存质量。与此同时，人们应支持和促进本国现代经济的发展能力和物质基础免遭破坏。

有的学者提出了持续发展的主要内容：

(1) 适度的消费水平，为此，要控制人口，同时要提倡与资源条件相适应的消费水平，反对无节制的超前消费。

(2) 采用能耗少和物耗小的新技术，提高资源利用率。

(3) 推行资源及废弃物的循环利用，实行无废料生产。

(4) 对可再生生物资源，在开发利用的同时，采用人工措施促使其增殖；尽量采用替代资源，以减少稀缺资源的消耗。

1. 可持续发展的系统观

持续发展把当代人类接触并赖以生存的地球及区域环境看成是由自然、社会、经济、文化等多因素组成的复合系统，它们之间既相互联系，又相互制约。这种系统论的观点是持续发展理论的核心，并为人与资源问题的分析提供了整体框架。环境与发展矛盾的实质，是由于人和这一复杂系统的各个组分之间关系的推敲。一个持续发展的社会，有赖于资源持续供给的能力，有赖于其生产、生活和生态功能的协调，有赖于社会的宏观调控能力，部门之间的协调行为以及民众的监督与参与意识。其中任何一个方面功能的减弱或增强都会影响其他组分以及持续发展进程。在考虑社会发展战略时，需要打破部门和专业的条块分割以及地区的界限，从全局着眼，从系统的关系进行综合分析和宏观调控。

2. 可持续发展的社会平等观

持续发展主张人与人之间、国家与国家之间的关系，互相尊重，互相平等。一个社会或一个团体的发展，不应以牺牲另一个社团的利益为代价，这种平等的关系不公表现在当代人与人、国家与国家、社团与社团间的关系，同时也表现在当代人与后代人之间的关系上。

3. 可持续发展的资源观

持续发展强调对不同属性的资源，要采取不同的对策。如对矿物、油、气和煤等不可再生资源，要提高其利用率，加强循环利用，尽可能用可再生资源代替，以延长其使用的寿命。对可再生资源的利用，要限制在其再生产的承载力限度内，同时采用人工措施促进可再生资源的再生产。要保护生物多样性及生命的支持系统，保证可再生生物资源的持续利用。

4. 可持续发展的效益观

持续发展与资源保护相统一的生态经济观，为社会持续发展提供了指导思想。持续发展的概念，从理论上结束了长期以来把发展经济和保护资源相对立起来的错误观点，并明确指出两者应是相互联系和互为因果。发展经济和提高生活质量是人类追求的目标，它需要自然资源和良好的生态环境为依托。忽视了对资源的保护，经济发展就会受到限制，没有经济的发展和人民生活质量的改善，特别是最基本的生活需要的满足，也就无从谈及资源和环境的保护，因为一个持续发展的社会不可能建立在贫困、饥饿和生产停滞的基础上。因此，一个资源管理系统所追求的，应该包括生态效益、经济效益和社会效益的综合并把系统的整体效应放在首位。

5. 可持续发展模式的特征

可持续发展的模式与传统的发展模式的根本区别在于：可持续发展的模式不是简单的开发自然资源以满足当代人类发展的需要，而是在开发资源的同时保持自然资源的潜在能力，以满足未来人类发展的需要；可持续发展的模式不是只顾发展不顾环境，而是尽力使发展与环境协调，防止、减少并治理人类活动对环境的破坏，使维持生命所必需的自然生态系统处于良好的状态。因此，可持续发展是可以持续不断的，不会在有朝一日被限制或中断的发展，它既能满足当今的需要，又不致危及人类未来的发展。

（四）《21 世纪议程》

1. 《21 世纪议程》

《21 世纪议程》(Agenda 21)是"世界范围内可持续发展行动计划"，它是 21 世纪在全球范围内各国政府、联合国组织、发展机构、非政府组织和独立团体在人类活动对环境产生影响的各个方面的综合的行动蓝图。

《21 世纪议程》是 1992 年 6 月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会通过的重要文件之一。该文件着重阐明了人类在环境保护与可持续之间应作出的选择和行动方案，提供了 21 世纪的行动蓝图，涉及与地球持续发展有关的所有领域。议程分为 4 部分，共 40 章：第一部分为社会和经济方面，主要内容为持续发展的国际合作和国内政策，消除贫困，改变消费模式，人口与可持续能力，健康，人类住区等。第二部分为促进发展的资源保护，主要内容为大气，水资源，废物最少量化和再生利用。第三部分为加强主要团体的作用，主要内容为社团的参与支持，妇女、儿童、青年与可持续发展，非政府组织的作用，商业、工业的作用，科学技术界的作用以及农民的作用等。第四部分为实施手段，主要内容为资金来源和机制，科学促进可持续发展，教育、提高环境意识，发展中国家能力建设和国际合作，法制、决策用的信息等。

《21 世纪议程》是一份关于政府、政府间组织和非政府组织所应采取行动的广泛计划，旨在实现朝着可持续发展的转变。《21 世纪议程》为采取措施保障我们共同的未来提供了一个全球性框架。这项行动计划的前提是所有国家都要分担责任，但承认各国的责任和首要问题

各不相同，特别是在发达国家和发展中国家之间。该计划承认，没有发展，就不能保护人类的生息地，从而也就不可能期待在新的国际合作的气候下对于发展和环境总是同步进行处理。《21世纪议程》的一个关键目标，是逐步减轻和最终消除贫困，同样还要就保护主义和市场准入、商品价格、债务和资金流向问题采取行动，以取消阻碍第三世界进步的国际性障碍。为了符合地球的承载能力，特别是工业化国家，必须改变消费方式；而发展中国家，则必须降低过高的人口增长率。为了采取可持续的消费方式，各国要避免在本国和国外以不可持续的水平开发资源。文件提出以负责任的态度和公正的方式利用大气外层和公海等全球公有财产。

2.《中国21世纪议程》

自1992年联合国制定《21世纪议程》以来，世界各国都在采取行动，促进可持续发展战略的实施，实现可持续发展已成为世界各国共同追求的目标。据此，1992年7月，中国国务院决定组织编制《中国21世纪议程》，1994年中国在世界上率先制定了《中国21世纪议程——中国人口、环境与发展白皮书》。

《中国21世纪议程》共20章，78个方案领域。大体可分为可持续发展战略、社会可持续发展、经济可持续发展、资源的合理利用与环境保护4部分。第一部分为可持续发展总体战略，由序言、可持续发展的战略与对策、可持续发展立法与实施、费用与资金机制、可持续发展能力建设以及团体公众参与可持续发展共6章组成，有18个方案领域，从总体上论述了中国可持续发展的背景、必要性、战略与对策等，提出了到2000年各主要产业发展的目标、社会发展目标和上述目标相适应的可持续发展对策。第二部分为社会可持续发展，由人口、居民消费与社会服务、消除贫困、卫生与健康、人类住区可持续发展和防灾共5章组成，有19个方案领域。第三部分为经济可持续发展，由可持续发展经济政策、农业与农村经济的可持续发展、工业与交通、通信业的可持续发展、可持续的能源生产和消费共4章组成，有20个方案领域。第四部分为资源的合理利用与环境保护，包括水、土等自然资源保护与可持续利用、生物多样性保护、土地荒漠化防治、保护大气层和固体废物的无害化管理共5章，有21个方案领域。

《中国21世纪议程》优先项目计划的目标：

(1) 近期目标(1994～2000年)：重点是针对中国现存的环境与发展的突出矛盾，采取应急行动，并为长期可持续发展的重大举措打下坚实基础，使中国在保持8%左右经济增长率的情况下，使环境质量、生活质量、资源状况不再恶化，并在局部有所改善；加强可持续发展能力建设也是近期的重点目标。

(2) 中期目标(2000～2010年)：重点是为改变发展模式和消费模式而采取的一系列可持续发展行动；完善适应于可持续发展的管理体制、经济产业政策、技术体系和社会行为规范。

(3) 长期目标(2010年以后)：重点是恢复和健全中国经济社会生态系统调控功能；使中国的经济、社会发展保持在环境和资源的承载能力之内，探索一条适合中国国情的高效、和谐、可持续发展的现代化道路，对全球的可持续发展进程做出应有的贡献。

《中国21世纪议程》优先项目计划框架的优先领域：

(1) 资源与环境保护：资源综合管理与政策；土地、森林、淡水、海洋、矿产等资源保护与可持续利用；水资源保护与沙漠化防治；环境污染控制。

(2) 全球环境问题：气候变化问题；生物多样性保护问题；臭氧层保护问题。

(3) 人口控制与社会可持续发展：控制人口数量，提高人口素质；扶贫；中国城市可持续发展；卫生与健康；防灾减灾。

(4) 可持续发展能力建设：强化和完善可持续发展管理机制；可持续发展立法与实施；转变传统观念，提高公众可持续发展意识；科学技术能力建设。

(5) 工业与交通运输业的可持续发展：强化市场经济条件下具有可持续发展能力的工业管理体制与政策；改善工业布局与结构；开展清洁生产与废物最小量化；开发高效、节能型工业污染治理技术；发展环保产业，生产绿色产品；加强交通、通讯业的可持续发展。

(6) 农业可持续发展：强化农业发展的宏观调控政策；促进粮食和农作物的可持续发展；选择可持续性农业科学技术；促进农村人口资源开发和充分就业；发展生态农业；制定和实施有利于乡镇建设的规划与政策，控制乡镇企业环境污染。

(7) 持续的能源生产与消费：强化综合能源规划与管理；提高能源效率与节能；清洁煤技术；新能源和可再生能源。

3. 全球面临的重大环境问题及解决原则

经济合作与发展组织(OECD)提出当前全球面临的重大环境问题为：土壤及土壤保护(侵蚀、盐碱化等)；沙漠化波及的地区；热带雨林及热带植物的破坏；水源的保护；鱼类及野生生物的保护及持续利用这些宝贵资源的栖息地；具有特殊价值的地区(历史、考古、文化、审美、科学等方面)；由于产业开发或城市扩大可引起重大环境问题的地区(特别在大气和水质方面)；由特定的脆弱人口集团构成的具有特殊社会价值的地区(如传统民族地区)。

面对全球环境问题的重要课题：可再生资源利用(如农业、森林、牧草地的土地利用，农村开发，木材生产等)；耕作方法、捕鱼方法及农业利用化学物质的重大变更(如引进新品种、机械化等)；水资源的开发利用(灌溉、水源供应及管理)；基础建设(如路桥、机场、港湾、铁路、管道等)；产业活动(如冶炼厂、化工厂、电厂、水泥厂、加工厂等)；开采业(矿业、采石，煤炭、石油、天然气的开采)；废物管理及处理。

解决全球环境问题的基本原则：

(1) 正确处理环境保护与发展的关系

环境保护和经济发展是一个有机联系的整体，既不能离开发展，片面地强调保护和改善环境，也不能不顾生态环境的承受能力而盲目地追求发展。尤其对广大发展中国家来讲，只能在适度经济增长的前提下，寻求适合本国国情的解决环境问题的途径和方法。

(2) 明确国际环境是发达国家的主要责任

目前存在的全球性环境问题，主要是发达国家在过去1～2个世纪中追求工业化造成的后果。他们对全球环境问题负有不容推卸的主要责任，也理应承担更多的义务。

(3) 维护各国资源主权，应遵循不干涉他国内政的原则

1972年第一次环境大会通过的《斯德哥尔摩宣言》第21条也明确规定，各国对其自然资源的保护、开发、利用是各国的内部事务。

(4) 发展中国家的广泛参与是非常必要的

在目前的国际环境事务中，存在着忽视发展中国家具体困难的倾向，他们的呼声得不到充分反映，因此，有必要采取措施，确保发展中国家能够充分参与国际环境领域中的活动与合作。

(5) 应充分考虑发展中国家的特殊情况和需要

发展中国家还面临一些更为迫切的局部环境问题，既有因资金短缺、技术落后和人口增长所造成的诸如土地退化、沙漠化、森林锐减、水土流失等自然生态恶化问题，也有因工业发展引起的环境污染、酸沉降、水资源短缺等问题。

复习思考题

10.1 什么是人地关系？人地关系的基本内涵是什么？

10.2 人类发展是如何对自然地理环境产生影响的？

10.3 论述人类活动与自然地理环境的关系及这一认识的发展。

10.4 试述地理环境决定论的基本观点与主要缺陷。

10.5 试述 Brunhes 或然论人地观的基本思想，并作出评价。

10.6 简述人地关系协调论的基本特点与内涵。

10.7 何谓“持续发展”？它有哪些基本涵义？

10.8 简述实现可持续发展的基本途径和主要战略任务。

10.9 简述《21世纪议程》行动计划？

10.10 《中国21世纪议程》的优先领域有哪些？

第 11 章　综合自然地理学的应用研究

人口、资源、环境和发展(Population,Resource,Environment,Development,简称 PRED)问题是当今人类面临的重大问题。人类活动必然引起地理环境变化,发展和环境是对立统一的。在人类干预自然过程时,应尽力消除或减轻由此造成的不良后果,以保证对自然的永续利用。任何发展都不能自发地进行,而应该按照客观自然规律办事,并在发展中实现人类与自然协调发展的目标。

综合自然地理学揭示了自然地理环境的整体性,并强调运用综合观点和方法研究自然地理环境。因此,它对于促进人与自然的协调发展,理所当然应发挥作用。综合自然地理学在自然条件和自然资源评价、应用性自然区划、景观生态设计、旅游开发与管理、区域开发、自然环境发展变化的预测以及土地变化研究等方面所作的贡献,归根到底都是为实现人与自然协调发展这一总目标服务的。

11.1　综合自然地理学应用研究与基础研究的关系

综合自然地理学的理论研究(基础研究),是以整个自然地理环境及其各级自然地域综合体为研究对象从不同的时空尺度,对其结构、动态和地域分异的基本规律进行系统分析和综合研究,如地域分异、自然区划和土地类型等。

综合自然地理学的应用研究,是以综合自然地理学的理论和方法为指导,以它的研究成果为科学依据,探讨和解决社会和经济发展中的实际问题和实践任务。如自然资源的开发利用、生产力布局、区域综合开发与区域规划、国土开发与整治等。

(一) 综合自然地理学应用研究

最近 10～20 年来,地理学的应用研究受到高度重视。早在 1946 年,任美锷(1913～　)在其《建设地理学》一书中,就主张地理学应该为国家建设服务。20 世纪 60 年代,苏联地理学家 Герасимов 主编了一系列有关建设地理学(Конструктивная География)的小册子,大力倡导建设地理学(Constructive Geography)。地理学的应用研究首先以建设地理学的形式出现。1975 年,法国地理学家 Tricca(脱立卡)和 Kirlian(克里安)创建了"地理学应用中心",并从事区域开发和整治工作。1976 年,在莫斯科召开的第 23 届国际地理大会对地理学的应用研究给予了高度重视。

近 20 年来,地理学的应用研究受到高度重视,并迅速发展。目前,地理学的应用研究主要着眼于区域发展的综合研究,包括:自然环境(自然资源)的利用、保护和改造;生产力布局,区域综合开发与区域规划,城市发展与城市体系的研究等。综合自然地理学和以上的应用研究有着最密切的联系,并在其中发挥着重要的作用。

综合自然地理学应用研究同地理学应用研究是同时发展的。地理学应用研究中一直贯穿着综合地理学的各种思想。综合自然地理学研究自然地理综合体的整体性、区域性和生产性,

通过对自然地理综合体的整体功能、整体效应和演化规律的研究，为合理利用和保护自然环境、自然资源提供科学依据；通过对自然地理综合体的地域分异的研究，可以为因地制宜、合理布局、合理组织经济和充分发挥地区优势奠定科学基础；通过对自然地理综合体生产性能和生产潜力的研究，可以为合理利用土地，充分挖掘土地生产潜力提供科学依据。

另外从应用模式上看，综合自然地理学的应用研究已经从被动的为规划部门提供基础资源转向了主动的直接参与规划设计工作。

(二) 综合自然地理学应用研究与基础研究的关系

综合自然地理学的应用研究与基础研究两者关系密切且相互作用。基础研究作用于应用研究是理论指导实践；而应用研究作用于基础研究则是在实践中发展理论。换句话来说就是：应用研究必须建立在自然综合体结构与功能、自然区划、土地类型分析等基础性研究的基础上，决不能脱离开基础研究孤立地进行。也就是说，基础研究是应用研究的基础，应用研究的发展又推动基础研究的不断深入。

对两者的关系地理学界曾展开过热烈的讨论。部分地理学家认为一切研究都应持具体的、为一定目标服务的立场。他们认为随着实践任务的不同，要求在区域或地图上揭示的内容是不同的，所以不可能建立统一的研究方法，也不可能建立综合体的统一分类体系。同时，他们也认为不可能拟定一个通用的区划系统或景观图的图例。这种观点把地理学推向经验主义的道路。对此，Калесник 曾作过正确的论述，“自然地理区划是客观存在于自然界的一种反映，它不可能随区划服务的目的而改变，目的仅仅影响区划的详细度和区划成果利用的特点”。因此，否定基础研究的意见没有得到大多数地理学家的支持。更多的地理学家认为自然地理环境的整体性、区域性和生产力等是客观存在的，它们并不会因实际任务的不同而改变，各种实践任务都是在这样一种自然环境下进行的，因此对自然地理环境的这些特性的研究是有必要的，这一点也说明把综合自然地理的应用研究和基础研究割裂开来是毫无道理的。

忽视基础研究必然会给应用研究带来巨大的困难。基础研究的成果虽然具有通用的价值，但也不是万能的，在必要的情况下，应根据应用的目的，对基础研究的成果作适当的补充，这样应用研究又达到了推动基础研究深入发展的效果。

11.2 综合自然地理学为农业服务的研究

农业生产与自然条件之间是相互联系、相互依赖的。自然条件不仅提供农业生产资源和环境，并作为农业生产力的一部分参与生产过程，而且影响农业地域分工、决定其季节性和生产周期。更重要的是，自然条件并不是只以其某一组分作为一种因素或资源制约农业生产，而是作为一个整体，即自然综合体对农业生产发生作用。用俄国学者 Докучаев 的话来说，就是不应该把农业建立在自然界“分割的部分”(即个别成分)的研究上面，因为人们是在与某一地段的综合特征打交道。可见，以自然综合体为研究对象的综合自然地理学，在为农业服务方面有着其他学科无法取代的重要地位。

研究自然综合体的整体功能和效应，对指导农业生产有两方面意义。

(1) 自然综合体的组成包括了农业生态因子光、热、水、土、气及生物有机体的全部。而人类需要的生物产量，是这些因子共同作用的一个综合函数，其产量决定于这些因子的整体效

应。因此，要获得农业的预期产量，必须研究自然综合体的结构、性质和生产潜力类型。

(2) 自然综合体具有整体的改变特点，一个因子的改变会引起其他因子的改变。如农业生产中因不合理灌溉引起的土壤次生盐渍化，将破坏植被从而加剧水土流失等。在这方面，综合自然地理学有其独特的功能。

综合自然地理学对农业生产的服务主要体现在3个方面：综合自然区划研究、土地类型研究以及自然资源的评价。

(一) 综合自然区划的农业应用

中国综合自然区划有为农业服务的传统。20世纪50年代末期制定的《中国综合自然区划(初稿)》在等级单位系统的确定、划分不同级别自然区的指标选择，以至区划理论和方法论问题上，都着重反映了农业生产的需要。此后，又有不少地理学家开展了专门的农业综合自然区划的研究。为农业服务的综合自然区划，在分析自然地理环境的地域分异时，特别重视与作物生长关系密切的光、热、水、土等自然条件及人类活动的地域特征，并从中选取对农业有重大影响的指标作为区划依据。因此，所划分的自然区，既能反映自然界的地域分异规律，又能反映农业生产潜力和发展方向的区域差别。

农业综合自然区划与一般的综合自然区划区别在于：前者结合广义的农业，主要依据对农业有重大影响的自然综合体的发生学上的差别，并从与植物生长有关的自然条件以及人为作用中提取对农业有重大影响的标志和指标，作为区划的补充依据。其目的在于从影响农业的自然条件出发，指明分区农业发展的方向和潜力以及需要改良的地方，因地制宜地指导农业生产。相关的实例如中国科学院地理研究所编制的北京市农业自然分区，怀柔区农业自然区划，仝石琳等编制的河南省农业综合自然区划等。一般的综合自然区划偏重于对自然规律探讨，目的在于认识地域分异规律。两者的结果有所不同。农业综合自然区划可能在一般性自然区划的基础上划分出某些亚区，也可能对后者的区划界线作出变更和修正。

(二) 土地类型研究的农业应用

土地类型研究可以揭示土地的自然属性，为土地利用提供科学依据。为了更加适应农业应用，还可以在一般土地类型划分的基础上，进行农业土地类型的划分。

土地类型在农业上的应用主要通过以下几步实现：

(1) 对农业土地类型进行分类，并按土地类型单元建立土地清册

划分农业土地类型时，由于着重考虑对农业生产有影响的自然属性，因此，这种土地类型能够满足特殊应用目的的要求，如为柑橘适种地编制土地类型图时，应把受寒潮影响的程度当作重要指标之一。

对不同尺度范围的区域划分农业土地类型，还应选取不同的土地类型级别。如作省级农业规划时，制图基本单元应选择地方这一级别的土地类型，比例尺选取1∶50万～1∶100万；作地、县级农业区划时，选取地方、限区级的土地类型和1∶5万～1∶20万的比例尺；作更小地域的区划时，则宜采用限区或亚限区和1∶1万～1∶5万的比例尺。农业土地分类后，应以表格的方式建立土地清册，指出对农业意义重大的自然条件，如基本地形、湿润度、成土母岩、土壤植被、动物界等。

（2）开展农业土地类型的质量评价

在选取评价项目和确定指标时，都有明确的针对性。例如，在对某种作物或经济林木适种地的土地类型进行评价时，首先查明该作物或林木对自然条件的基本要求，然后于其中选取最重要的几项作为评价项目，并依据一定指标划分其适宜性或生产潜力等级。

（3）提出合理利用土地的建议，制定土地利用规划。

（三）农业自然条件和自然资源评价研究

农业自然资源主要指土地资源、水资源、气候资源、生物资源等，它们是一个整体。其地理分布不平衡又使其具有区域性的特点，对各不同区域而言，还常表现为有限性。首先，各地资源丰度差异显著，这对资源开发规模甚至经济发展方向必然产生重要影响；其次，自然资源的地域组合也有很大差别。组合良好的地区，可用较少的资金、设备和劳动力投入取得较大的经济效益；反之，虽投入较多，效益也很不理想。对农业生产而言，土地、热量和水分及其他地域组合特征在资源地域组合中占主要地位，三者组合良好则可获高产稳产；反之，则产量低而不稳。

充分合理利用农业自然资源的关键在于实现其综合开发利用及准确把握利用方向。以中国三大自然区为例，东部季风区应主要用于种植业，相应发展林牧业；西北干旱区只能在有水源地区发展种植业，广大的干草原和荒漠区发展畜牧业，山地发展林牧业；青藏高原多数地区适于发展畜牧业，只有少数地区可发展种植业和林业。这种格局是与东部季风区水热组合适中、西北干旱区缺水和青藏高原区热量普遍不足等农业自然地域组合特征相适应的。

综合自然地理学在评价农业自然资源时，能够发挥其综合的优势，有助于避免某些学科在进行单项评价时极易发生的片面性，对农业生产的发展起积极作用。

11.3 综合自然地理学为城市建设与工程建设服务的应用

（一）综合自然地理学在城市建设中的应用

作为一定区域范围政治、经济和文化中心的城市，是一种复杂的人文环境。但是由于城市存在于自然地理环境中，与自然界保持着密切的联系。自然环境的六大要素（岩石、地貌、水文、气候、土壤、植被等）均在不同程度、不同范围上以不同的方式影响着城市的发展。自然要素综合作用的结果不仅为城市居民提供必需的生存条件，又对城市的形态和城市职能的发挥有着相当大的作用。由于自然环境是以整体影响着城市的形成和发展，同时城市也不仅改变自然环境的个别要素，而是改变自然环境整体，因此综合自然地理学可以在城市建设的许多方面做出贡献，其中以城市用地评价研究开展得最好。

相比之下，自然要素中，地质、水文、气候、地貌对城市用地影响较大，因而对它们的分析与评定往往构成了城市用地评价的主要内容。

1. 地质条件

土地是城市各项工程建设的承载体，由地层的地质构造、土层堆积状况和组成物质等因素的不同造成的地基承载力的差别，对城市用地选择、建设项目分布及工程建设的经济性有着重要的影响（表11.1）。

表 11.1 自然地基构成与地基承载力

地基类别	碎石（中密）	角砾（中密）	粘土（固态）	粗砂，中砂（中密）	细砂（中密稍湿）	细砂（湿，中密）	大孔土	沿海淤泥	泥炭
承载力（t/m^2）	40～70	30～50	25～50	24～34	16～22	12～16	15～25	4～10	1～5

此外，城建用地选择还需注意岩溶、滑坡、崩塌、冲沟、地震等自然地质现象对建设的危害和防治，以及由采矿造成的地面沉陷等对城建的影响。

2. 水文及水文地质条件

江河湖泊等水体可作为城市水源，并在调节气候、稀释污水、排除雨水、水运交通、美化环境、水产养殖等方面发挥作用。同时，城市建设需考虑洪水、泥沙淤积、河岸冲刷、水量流速变化等不利的水文现象对建设的影响。

地下水也通常是城市用水的水源。地下水的埋藏条件特点，包括上层滞水、潜水在承压力含水层厚度、矿化度、硬度、水温等方面的状况对城市用水和建筑工程的适用性有重要影响。同时，城市建设还需考虑地下水位下降造成的地面沉降、污染源对地下水污染等危害的防治。

滨海临河等条件通常被认为是城市生长的优越区位。如天津市濒临渤海，扼海河水系入海处，自古享有渔盐之利、舟楫之便。金以来的历代王朝建都北京，天津作为漕粮转输的要冲和京师防御的屏障兴起，滨海临河的区位条件显然对天津城市的建立和发展起着重要的促进作用。水体分布还影响城市形态和城市地域结构。如跨越江河或海峡的城市，大多形成 2 个或多个市中心；滨海滨湖的城市，大多在陆域一侧呈扇形展开。

3. 气候条件

气候在为居民提供是否适宜的生活环境和环境污染程度方面具有重要影响。城市气候除受因大气环流、海陆位置不同形成的大气候控制外，还存在地方气候和小气候的特点。城市的建设造成大气下垫面改变、城市内外热力差异，能促使某些气象要素变化，而出现某些特有的城市气候现象，如城市风、城市局部地段的环流、热岛效应等。

城市的发展和用地分化首先受到大气候条件的影响。如温暖、湿润、宜人的气候，适于人们居住生活，也利于工业、建筑业、商服金融业、科技文教业活动的进行，因而往往是形成城市数量多、规模大的地区。适宜的气候有利于农业的发展，也可为城市发展提供较好基础。

影响城市建设的气象要素包括太阳辐射、风向、温度、湿度、降水等方面。城市建筑的日照标准、间距、朝向、遮阳设施设计、建筑密度需考虑到太阳辐射的强度和日照率。为了避免工业排放的有害气体对城市，尤其是生活居住区的危害，需考虑到城市全年盛行风向、风频，注意将工业区布置于城市盛行风向的下风向。绿地和水面在城市气候调节上有重要作用，需在城市规划中适当布置。对影响城市气候、甚至污染大气的城市设施，在城市建设中要采取措施，限制其危害。

4. 地貌条件

城市建设必须落实于城市用地上，不同的地形条件影响城市规划的布局、平面结构、道路的走向、线型、工程建设、建筑组合等。由于城市需占有较大地域，多数城市选建在平原、河谷、缓丘、盆地等地势平缓地区。尤其是平原地区，广阔而坦荡的土地，一般不存在对城市发展的障碍，城市大多形成集中而完整的城市轮廓，但也容易出现“摊煎饼”式的扩展，随着卫星城镇、

郊区、工业区、开发区的开拓，某些城市往往较迅速地由单中心城市发展为城市群、城市带。在山区河谷地带，城市发展大多依山就势，沿河谷延伸，形成树枝状、串珠状、条带状等形态。在水网地区，河道纵横，城市中桥梁工程较多。在山区，城市建设还需较多考虑坡地的利用，竖向规划，土石方工程量和山洪、滑坡、泥石流的预防等。

地面坡度影响着工业、交通和城市建设用地布局。一般说来，为利于地面水汇集、排除，在平地应有不小于3%的坡度。城市各项设施建设对用地坡度有一定要求。当坡度在2%～5%之间，布置建筑物要沿水平阶梯，不可横越等高线。

以用地为基础，综合与之相关的各项自然条件的优劣，来鉴别各种土地是否符合规划与建设的需要。通常是将土地分成三类：

(1) 一类用地

指用地自然环境条件比较优越，能适应各项城市设施的建筑需要，一般不需或只需稍加工程措施即可用于建设用地。

(2) 二类用地

需要采取一定的工程措施，改善条件后才能修建的用地。它对城市设施或工程项目的分布有一定的限制。

(3) 三类用地

不适合于建筑的用地，在现代工程技术下几乎难建的用地。所谓不适于修建的用地，是指用地条件极差，必须采取特殊工程措施后才能用以建设的土地，取决于科学技术的发展和经济的条件。

以平原地区为例，说明土地类型的划分(表11.2)。

表11.2 平原地区的分类

用地类别		地基承载力/(kg/cm^2)	地下水位埋深/m	坡度/(%)	洪水淹没程度	地貌现象
类	级					
一	1	>1.5	>2.0	<10	在百年洪水位以上	无冲沟
	2	>1.5	1.5～2.0	10～15	在百年洪水位以上	有停止活动的冲沟
二	1	1.0～1.5	1.0～1.5	<10	在百年洪水位以上	无冲沟
	2	1.0～1.5	<1.0	15～20	有些年份受洪水淹没	有活动性不大的冲沟
三	1	<1.0	<1.0	<10	有些年份受洪水淹没	无冲沟
	2	<1.0	<1.0	<5	洪水季节淹没	无冲沟

(二) 综合自然地理学在工程建设中的应用

综合自然地理学在工程建设中也有广阔的用途。任何涉及面广、综合性强的工程都需要进行多目标评价，道路和水利工程建设等也需要考虑对自然地理环境的影响。建设区甚至具体的建设地段，作为某个特定级别的自然综合体，其自然条件对工程建设必有某些限制作用。例如，高频率、高震级的地震活动，强烈的断层活动对建设项目提出了特殊的要求；地表坡度、切割密度和切割深度等地貌现象和崩塌、滑坡、冲刷、溶蚀等地貌过程影响工程质量和造价；河湖水文状况决定建设地段是否可能被淹没或冲毁；气温状况决定是否需要采暖设备及采暖时

间的长短；湿度影响建筑材料的腐蚀速度；暴雨、冰雹和风沙也对建筑物造成损害，等等。限制因素愈多或限制作用愈强，则建设难度愈大，投资愈多。综合自然地理学可以通过对建设区自然多合体开发条件的评价，揭示其有利和不利因素，帮助决策者确定取舍，选择适宜建设地段、最佳设计方案和对不利因素采取适当防治措施。

进行一般性工程评价时，通常应编制景观级应用自然区划图，并以景观作为基本评价单位，最后还需进行景观的工程评价分类。对于特定的工程评价，例如公路、铁路的工程评价，则需具体分析各路段的地方性条件，更有针对性地选择地方性标志。《中国公路自然区划》在这方面提供了比较系统的成功经验。

《中国公路自然区划》在反映纬度地带性因素时，未采用被人们广泛采用的积温标志，而着重考虑土层的冻结状态和表现区域干湿程度的湿润系数；在非地带性因素中，着重考虑构造运动对地貌和气候的影响，其次才涉及山地、平原、高原、盆地等一般地貌单元，只在特定范围内考虑地表组成物质如黄土等，这就突出了它的针对性。该区划共划分三级区，分别为全国公路总体规划设计、跨省性和各省市自治区公路建设服务。一级区的划分主要以全国地带性和非地带性因素为依据，二级区以水平地带性为依据，三级区则着重考虑各种地方性因素的组合。该区划还把线路地貌类型、水文地带类型和土层强度类型分别划分为4、3和6个等级，并从中得到72种组合状况，作为划分三级区的平行标志。实践证明，这个区划对中国公路建设起到了很好作用。

11.4 景观生态规划与设计

(一) 景观生态规划与设计的发展过程

景观生态规划与设计(landscape eco-planning and eco-design)是现代地理科学领域中新兴的研究方向，是在一定尺度上对景观资源的再分配，通过研究景观格局对生态过程的影响，在景观生态分析、综合及评价的基础上，提出景观资源的优化利用方案。它强调景观的资源价值和生态环境特性，其目的是协调景观内部结构和生态过程及人与自然的关系，正确处理生产与生态、资源开发与保护、经济发展与环境质量的关系，进而改善景观生态系统的功能，提高生态系统的生产力、稳定性和抗干扰能力。

景观生态规划的思想可追溯到19世纪末，那时人们对自然界的认识程度较低，规划集中在农业土地的重新分配，主要目的是提高农作物产量及土地生产力。但一些学者已考虑到人类与环境的协调关系。到20世纪初，人们已经认识到自然景观的美学和生态价值、功能，景观设计开始强调自然过程与人类活动的协调，追求人地共生。此时，景观生态规划与设计的思想初步形成。20世纪以后，景观生态规划与设计的思想不断发展，并成为国土规划的一项基础性研究工作。

20世纪80年代，人类活动对自然界的影响与日俱增，地球上几乎找不到一块不受人类影响的景观，而景观生态规划已经发展成为综合考虑生态、社会过程以及两者之间时空耦合关系，利用景观生态学的知识及原理经营管理景观资源以达到既要维持景观生态功能，又要满足持续利用土地的一个重要分支学科。要强调景观空间格局对过程的影响，通过格局的改变来控制景观功能、物质流和能量流，这种思想是景观生态规划方法论的又一次思维转变。

(二) 景观生态规划与设计的原则

(1) 自然优先原则

保护自然景观资源(森林、湖泊、自然保留地等)和维持自然景观过程及功能，是保护生物多样性及合理开发利用资源的前提，是景观资源持续利用的基础。

(2) 整体优化原则

即把景观作为系统来思考和管理，实现整体最优化利用。

(3) 持续性原则

景观生态规划与设计以可持续发展为前提，立足于景观资源的可持续利用的生态环境的改善，保证社会经济的可持续发展。

(4) 针对性原则

不同地区的景观有不同的结构、格局和生态过程，规划设计的目的也不尽相同，因此具体到某一景观规划时，针对规划目的选取不同的分析指标，采用不同的评价及规划设计方法。

(5) 综合性原则

强调多学科合作，注重综合效益。

(三) 景观生态规划与设计的步骤

(1) 确定范围和目标

规划设计前必须明确规划区域及解决的问题。一般而言，规划设计的区域由政府决策部门确定。目标可分为三类：为保护生物多样性而进行的自然保护区设计；为自然资源的合理开发而进行的设计；为当前不合理的土地利用而进行的景观结构调整。

(2) 景观资源的搜集

包括生物(植被、野生动物等)、非生物(地理、地质、气候、水文、土壤等)，景观的生态过程及与之相关联的生态现象(人口、文化及价值观)和人类对景观的影响程度。

(3) 景观生态分类和制图

根据现有资料，综合分析规划区的自然特征、人类需要和社会经济条件，选取影响景观格局、分布规律和演替的主导因子作为分类指标，进行景观生态分类制图。

(4) 景观生态适宜性分析

以景观生态类型为评价单元，分析某一景观类型内在的资源质量以及与相邻景观类型的关系(相斥性或相容性)，确定景观类型对某一用途的适宜性和限制性，划分适宜性等级。

(5) 景观生态规划与设计

根据景观生态适宜性的分析结果，以满足景观生态系统的环境服务、生物生产及文化支持三大基础功能的目的，依据景观生态规划与设计的原则构建合理的景观结构。

(6) 景观生态规划实施与调整

根据提出的景观空间结构，确定规划实施方案，制定详细措施，促进规划方案的全面实施。随着时间推移，客观情况改变，不断修正方案，达到景观资源的最优管理和可持续利用。

(四) 景观生态规划与设计的应用

(1) 自然景观生态规划与设计，如自然保护区、动植物保护园、绿地等的规划设计。

(2) 乡村景观生态规划与设计，如黄土高原的农业土地利用、半干旱区农业土地利用、绿洲土地利用等。

(3) 城镇景观生态规划与设计，如城镇与区域规划的景观生态模式、城市廊道(交通线)设计、三亚城市景观生态规划等。

(4) 区域景观生态规划与设计。

(5) 旅游的景观生态规划，如城市旅游的景观生态学操作模式、旅游地的景观生态划区与设计、生态旅游规划等。

11.5 旅游开发与管理研究

旅游地理学(Tourism Geography)是以区域旅游系统为研究对象，研究旅游者的旅行游览、休憩疗养、康乐消遣同地理环境和社会经济发展相互关系的一门学科。它是地理学的一个新分支学科，又是一门综合性很强的边缘科学。旅游地理学的兴起，许多从事综合自然地理学研究的学者都做出了巨大贡献。

1. 旅游地地域系统的综合性

任何旅游地域系统，都是由自然环境、文化环境、管理机构、服务设施和旅游者共同组成的一个系统。在此系统中，旅游资源的丰富程度和分布状况决定着旅游开发方向和开发潜力，并与服务设施一起制约着旅游地的承载力，而旅游者的活动必然对自然和文化环境发生不同程度的影响。旅游地的开发与建设，必须以旅游地评价与规划为前提。在此方面，综合自然地理学有着其独特的优势。

2. 旅游资源评价的综合分析

旅游地评价包括旅游资源的美学价值和观赏价值、历史文化价值、旅游资源功能、旅游地环境容量、景点地域组合特征、地理位置与可进入性、基础设施与服务设施开发建设条件，旅游者的一般要求与特殊要求等内容，分别制定标准，经过综合分析，即可确定旅游地的等级。

3. 旅游活动影响评价的综合性

旅游活动将对旅游地的环境造成不同程度的影响，而且主要是不利影响，甚至破坏地理系统的稳定性。破坏和挖取表土、捕捉动物、污染环境、引发火灾等，是旅游地经常发生的情况。因此，需要按不同土地类型进行旅游地的稳定性评价、容量分析和自然保护研究。综合自然地理学在这些方面的优势也是很明显的。

11.6 区域开发研究

(一) 区域开发的主要内容

所谓区域开发(regional development)，是指在一定区域范围内进行的，以生产力布局和发展为中心的经济建设总体空间部署。区域开发必须以一定时期国家社会经济发展方针和战略为依据，以全面系统分析区域自然和社会经济条件为基础，制定一个区域的发展战略目标和相应的政策，以便最终实现经济、社会和生态效益的协调统一。因此，区域开发是与人类和自然的自发行为有显著区别的自觉的和有远见的行为。区域开发通常包括确定区域发展战略目标、产业结构、

开发方式和区域发展空间结构的最优组合等内容。这些内容可以归纳为区域发展战略、区域规划和国土整治研究3个方面,这其实也是综合自然地理学在区域科学方面的3个应用方向。

本节所讲的区域开发,其涵义比较广泛,可以是一个行政区域,也可以是一个经济区域或是一个自然区域。区域范围可以包括两个或两个以上的自然、经济具有许多共同点和联系密切的区域。例如:黄土高原、半农半牧区和干旱半干旱区,它们都具有相似的自然条件,在开发利用和改造建设上都面临着共同的问题,属于以改造自然为主的区域开发。而京津唐国土规划则是以经济开发与建设为重点的跨省、市的区域开发。

区域开发是一项综合性很强的工作,也是一项地域性、战略性很强的工作。要强调因地制宜的开发与整治本地区的自然资源,尽量做到投资少、收益大。

(二) 区域发展战略

1. 区域发展战略的内涵

区域发展战略泛指区域开发中带有全局性的、决策性的,至少是重大的规划,其本身具有面向未来的倾向,是区域开发中发展观与全面规划的有机组合。是各国家和地区,尤其是发展中国家和地区从传统的、落后的经济社会状态过渡到现代的、发达的、先进的经济社会状态的战略。区域发展战略具有两个特性:一是它总是为某一特定时间范围内实现某种目标而制定的,因此具有阶段性,某一阶段的战略完成历史使命后,即被新的发展战略所取代;二是发展战略还具有区域性,一个发展战略总是从某一区域的自然条件、自然资源和社会经济状况出发而制定的,因此,只有对该区域才是适合的。在实践中,发展战略着重近、中、远期产业结构的研究,并需进行重要项目的论证。

区域发展战略具有多种开发导向模式:资源开发导向模式,产业结构开发导向模式,技术结构开发导向模式,贸易结构开发导向模式以及人才开发导向模式。

2. 地域结构对应变换分析

地理学家擅长于研究构成区域的各成分或要素的相互关系,即对应变换关系。区域发展战略要求在上述研究的基础上,进一步探讨各种地域结构的对应变换关系,包括区域内部的结构和区域的外围背景结构,并由此建立区域发展战略的理论基础。区域内部结构研究应以自然结构为基础,着重进行社会经济结构,特别是产业结构的战略分析,及进一步开发利用和治理保护的长期规划分析。上述各种结构的对应变换分析的网络关系如图11.1。

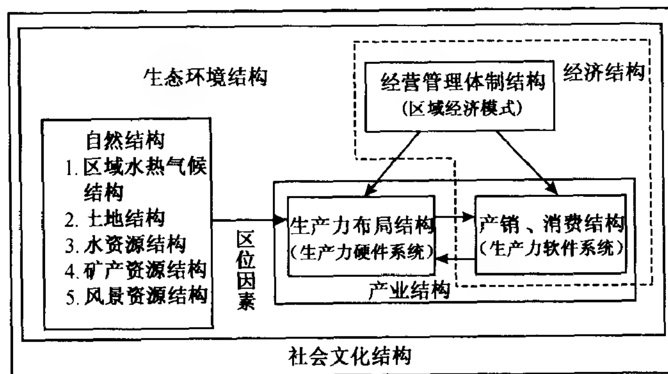


图11.1　地域结构对应变换分析的网络

(据陈传康,1998)

地域结构对应变换分析(analysis on corresponding variable of territorial structure)主要包括以下内容:

(1) 各种结构的确定性匹配研究

水资源结构是区域开发的限制性条件,矿产资源结构影响区域的矿业开发方向,风景资源结构影响区域旅游业的发展方向,气候水热结构对区域农业生产布局起着重要的作用。

(2) 区位因素分析

狭义区位主要指区域的位置和交通条件。在区位因素研究中,应着重探讨自然结构与城镇居民点和交通条件的配置情况,减少生产力布局和有关建设选址的运输总费用。但是,以经济效益为出发点的优选布局,可能导致环境污染和自然界的破坏;而具有良好建设基础、人才众多、教育条件好的地区的集聚效应对生产力布局将产生强烈的吸引作用。因此,在研究区位因素时应考虑生态效益和社会效益问题。

(3) 区域外围背景结构研究

区域外围背景的研究内容和重点是因区域本身的性质不同而有区别的。如研究的"区域"是港口城市,就应着重考虑其经济腹地的分层结构,如连云港;如果是交通枢纽城市,则应着重考虑其辐射吸引范围,如素有"五省通衢"之称的徐州市。

依照上述途径进行区域发展战略的研究,可使总战略和子战略密切结合,并使各项战略对策落实到地域结构上,为"软咨询"找到"硬化"途径,以利于战略的具体实施。还需注意,地区优势具有不同的级别意义,有些优势通过地方投资即可得到发挥,因此属于地方级优势;有些必须通过省和国家计划投资才可能得到发挥,属于省级或国家级优势。

根据上述理论,区域发展战略应着重论证以下几个问题:

- 发挥地方级优势,促进经济起步发展。
- 加强横向联系,扩大吸引和辐射影响范围,通过两通(交通、流通)和旅游业搞活经济。
- 论证和宣传省级和国家级优势,促进纵向计划投资,或引进外资进行建设。

3. 传统的区域发展战略

传统的区域发展战略一般是增长极战略。进入 20 世纪 70 年代后,出现了许多新的区域开发战略,如农业政策的开发论、基本要求理论、技术开发论等等。分析这些战略可以分成两类:其一是和增长极战略相同,直接吸收新古典主义经济原理和区位论的主要概念,部分修正增长极战略的形态,又称为职能开发;其二是从根本上否定新古典学派经济原理后,提出的在整个社会科学领域中所流行的政治经济类的开发方式,又称为领域开发(Functional Integration Approach,简称 FIA)。

(1) 职能开发战略

职能开发是充分考虑各区域在国土空间中所发挥的区域职能,并促使其区域在开发过程中发挥最大的职能,把开发效果扩散到其区域乃至周边区域的战略。这个战略是在 Rondinelli(伦迪内里)的把城市开发成周边农村的中心地,并同时开发城市和农村的思想基础上发展起来的。它的理论基础在于中心地理论。

主张职能开发的学者认为,增长极战略失败的原因在于没能充分的形成连接开发区域和未开发区域的交通、通信等连接网。并且作为开发的重要变数起作用的中心地——城市的技术和信息没有充分地向周边区域,也就是开发区域扩散。他们认为,这是由于没有合理的调整人们的居住体系以及还没有形成引导区域开发的行政体系等原因所造成的。

职能开发的基本战略是把开发效果从已开发的城市扩散到其他区域。职能开发论者主张,通过开发交易中心地,发展中心地之间的连接网,这样可以扩散开发效果。为此,要进一步挖掘和开发中等规模的交易中心地,使得未开发农村区域向城市接近变得更容易,强化地方行政组织的同时,要把中央的计划职能转移到中等规模的中心地。

职能开发在20世纪60～70年代被美国的开发国家援助机构(Unite Statesd Agency for International Development)、世界银行(WB)广泛采纳。这种开发战略被印度、印度尼西亚、马来西亚、巴基斯坦以及菲律宾等很多发展中国家作为落后区域的开发战略所广泛采纳。

(2) 领域开发战略

领域开发也是从增长极经验的总结过程中提出来的。主张领域开发的学者认为,增长极开发失败主要原因就在于周边区域和中心地之间具有支配-从属关系。在经济上处于有利条件的先开发区域因吸收低开发区域的潜在力而继续增长。从领域开发的角度说明落后区域的低发展现象的话,其区域内具有生产能力的年轻人口向大城市或工业城市大量流动,因此,给该区域增长带来阻碍影响。

另外,主张领域开发的学者认为他们不仅是从提高区域的社会、经济力量的角度,而且从提高文化、政治力量的角度而开发的。主张领域开发的学者认为首先要满足对粮食、住宅、医疗设施、教育设施、交通、通讯设施及其他的集团需要。即,区域开发的前提条件就是不仅要包括经济要素,而且要包括社会要素。

(3) 农政开发战略

作为领域开发的一个模式,Friedmann 和 Douglass(弗里德曼和道格拉斯,1975)提出了以政治联合体为核心的开发战略——农政(农业政策)的开发。这种农政的开发战略是把开发圈的地理空间设定为居民自足自立的单位,也就是小规模区域,各区域在没有外部支援的条件下,自己制定本区域的发展计划,决定相关的政策。把区域资源、区域经济结构与城乡间的产业职能连接起来,并最大限度的使用区域物质及社会资源。

农政的开发论者与职能的开发论者不同,在落后区域和先开发区域的关系上,引入了“选择的中断”的概念,它是指为了阻止先开发区域持续的获取未开发区域开发潜力的效果,部分中断两个区域之间的连接网。Friedmann 和 Weaver(韦弗)认为,农政的开发战略是在区域单位上能够提高自足职能的政策。这是在引导落后区域开发的过程中,对“比较优势”为基础的新古典学派经济原理——自由贸易主义的彻底否定。

领域开发特征可以概括为两点:

- 它不仅强调居民的经济条件,而且还强调整个福利水平。从这点上看,领域开发类似于“内部开发”。
- 领域开发不仅把经济资源当做开发要素,而且把社会及文化资源也当做开发要素。

(三) 区域规划

1. 区域规划的内涵

广义理解的区域规划(regional planning)是指对区域社会经济发展和建设所进行的总体部署,而狭义区域规划则不仅指一定区域范围内与国土开发整治有关的建设布局规划。

根据中国的经验和实际情况,可以把区域规划理解为在一定地域范围内的国土上进行国民经济建设的总体部署,也就是对一定地区的国土进行综合开发,对工业、农林、水利、交通运

输、城乡建设、环境保护、文教卫生、商业交流等国民经济各部门的建设进行综合布局。区域规划是区域发展战略的具体化，因此必须进行近、中、远期项目的论证。

区域规划是在城市、矿区、疗养区等建筑规划的基础上发展起来的，最早出现在欧美。如英国的 Adams(当卡斯)将煤矿区规划，美国纽约的城市区域规划。中国在20世纪50年代也是以加强新工业区和新工业城市为区域规划的主要内容。目前则不限于此。流域规划、土地利用规划、城市规划和环境规划等，既是区域规划的基础，在一定程度上也是它的组成部分。

2. 区域规划的任务

区域规划的任务随着不同的国家、不同的历史时期而有所不同。就中国而言，当前区域规划的主要任务可以归纳为六方面：

(1) 对规划区域内的各种资源进行综合评价，以明确本地区的优势和劣势。

(2) 确定规划区域经济发展的基本方向，它是进行各项具体规划的依据。

(3) 合理安排区域内工农业生产布局，妥善解决各项建设之间的用地矛盾。

(4) 预测规划区域的人口变化，合理布局城乡居民点，并确定城镇发展的性质与规模。

(5) 对交通、动力、水利和其他公用基础设施的布置进行统一规划，合理解决水资源的开发和分配。

(6) 确定相应的工程措施和生物措施，以保护和治理环境，建立良好的人工生态平衡。

总而言之，区域规划的中心任务就是最有效地利用各地区的国土资源，因地制宜地发展生产，创造最好的经济效益和生态效益，为当地居民提供良好的工作和生活环境。经由规划确定的区域开发活动，可以在相当程度上克服盲目性，促进人类与自然的协调发展。

(四) 国土整治

国土的概念不仅指主权国家管理的包括领土、领海、领空在内的全部疆域，而且包括国家所拥有的全部自然资源和社会资源，即国土是以地理环境为基础，以人为主体，具有自然和社会双重属性的矛盾统一体。

1. 研究背景

近年来，各国对国土的开发与整治越来越重视，是因为当今世界面临着三大问题：

(1) 人口越来越多，分布却越来越集中，作为人口分布中心的城市，其规模越来越大。城市在发展、扩大的过程中出现了一系列严重问题，如能源与水源不足、住房、交通拥挤、失业增加、环境污染等，都亟待解决。

(2) 随着人们生活水平的不断提高，经济的不断发展，对资源的需求量不断增加，特别是对粮食和能源的需求量迅速增长，而资源从数量上看是有限的，在分布上也不平衡，需要与可能的矛盾越来越尖锐，必须迅速扩大资源。

(3) 人口的增长，生产的发展，改变了人类生活的原有环境，出现了公害，生态平衡被破坏，以及自然资源减少等一系列人与环境间的新矛盾。可以说，对国土进行开发与整治是经济发展的必然趋势，是经济发展的客观规律所决定的，是在社会经济发展与人口、资源、环境的矛盾日益尖锐的情况下产生的。

所谓国土整治(territorial management)，是指作为总体的国土资源的开发、利用、治理、保护以及为达到上述目的而进行的国土规划、立法与管理，其本质与最终目的仍在于协调人与自然的关系，实现人类及其活动的最佳地域分布。对国土资源的有计划的开发、合理的利用、有

效的治理和妥善的保护应该互相结合，只有如此，才能保证生产发展取得最佳经济效益、生态效益和社会效益。因此，在国土整治中必须进行国土资源考察、制定国土规划、加强国土立法和国土管理、保护自然和治理环境等许多方面，而资源开发和环境整治则是其中的两大重点。

2. 中国的国土整治

中国的国土整治历史悠久。古代历代王朝为维护其统治、发展经济，均把兴修水利、整治江河作为主要任务，如都江堰，郑国渠等。建国后，国土整治主要围绕以下四方面进行：

(1) 大力开发落后地区，努力改善生产布局。

(2) 大规模开发土地、矿产和水利资源。

(3) 大力治理江河，基本上控制了一般性的洪涝灾害，改善了农业生产条件。

(4) 积极开展城镇建设。

此外，还展开了一系列工作，如植树造林、改良土壤、开发山区、建立自然保护区、治理"三废"，对中国的土地、森林、海洋等资源进行调查并开展全国土壤调查，对农业、林业、渔业、水利等进行全面的区划。

吴传钧院士提出，中国现阶段国土整治包括5方面的工作：

(1) 国土资源的摸底调查、合理开发和有效利用评价。

(2) 大规模改造自然工程的可行性论证和后效预测。

(3) 人口、生产力、城镇和跨地区基础设施的合理布局。

(4) 环境的综合治理和保护。

(5) 全国和不同层次地区的国土规划。

这些任务都明显地具有地域性和综合性相结合的特点。

3. 国外的国土整治

国外国土整治工作的开展已有50～60年的历史。尤其是二战后，一些国家有计划地对国土进行综合开发与整治，取得了明显的成绩，积累了不少经验。其中至少以下几方面值得我们借鉴：

(1) 国家、政府对国土工作十分重视，设立机构，健全法制，保证了国土工作得以有计划地顺利进行。目前，世界上有30多个国家设立了规格较高的国土整治机构。

(2) 运用经济手段，实行经济诱导。对于支持国家开发、整治计划，在不发达地区建立新工业、修建交通线路或进行其他建设的企业，国家给予一定的费用补助和贷款。

(3) 对国土资源普遍进行大规模的调查和勘测，摸清了家底，使国土工作建立在科学基础上，有针对性地进行。

(4) 制定国土综合开发和整治的规划，有计划地开展国土工作，才能取得较好的经验和生态效果。它是各国开发国土的最大特征，也是最重要的经验之一，强调了国土规划、区域规划的重要性。

(5) 对重点区域进行重点开发与整治。重点地区是指增产潜力大，开发历史短，经济不发达，条件比较恶劣的"落后"地区，这些地区的开发与整治易于取得显著的效果。

(6) 重视国土整治专门人才的培养。

(五) 结语

区域开发必须以可持续发展为基础，注意以下几点：

(1) 要强调资源的综合开发。发挥区域开发因素的综合优势,特别是非自然资源因素的优势,寻找区内各种开发因素的动态平衡与协调。

(2) 调整生产力布局和优化产业结构。充分考虑区域资源禀赋和产业结构的自身的演变规律,然后再确定区域产业结构,生产力布局则应适应此种产业结构建立的需要。

(3) 协调区域关系。体现区域之间的公平性与协调性,具体体现在资源利用、经济发展、环境保护、人口控制等多方面。

总之,区域开发指人类社会有意识的行为方式,可持续发展是其应有的内涵,必须保持人-地系统的平衡,以促进区域的社会、经济持续、稳定、协调的发展。

复习思考题

11.1 谈谈你对综合自然地理学基础研究与应用研究关系的理解。

11.2 谈谈你对综合自然地理学研究如何为农业生产服务的理解。

11.3 综合自然地理学在城市建设中的应用优势何在?

11.4 何谓景观生态规划?其主要研究内容是什么?

11.5 何谓区域发展战略?

11.6 什么是地域结构对应变换分析理论?

11.7 辨析区域开发、国土整治和区域规划之间的异同。

主要参考文献

（以作者姓氏拼音为序）

1. B. A. 阿努钦. 地理学的理论问题. 北京：商务印书馆，1994
2. Koch G. W., Scholes R. J., Steffen W. L., Vitousek P. M., Walker B. H.. The IGBP Terrestrial Transects: Science Plan, IGBP Report No. 36. Stochkholm: IGBP, 1995
3. Lambin E. F., Baulies X., Bockstael N. *et al*. Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Implementation Strategy. IGBP Report No. 48 and HDP Report No. 10. Stochkholm: IGBP, 1999
4. Lambin E. F., Turner B. L. and Helmut J. G. *et al*. The Cause of Land-use and Land-cover Change: Moving Beyond the Myths. Global Environmental Change. 11: 261～269, 2001
5. Turner Ⅱ B. L., Clark W. C. and Kates R. W. *et al*. The Earth as Transformed by Human Action-global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years. Cambridge University Press Clark University, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sidney, 1990
6. Turner Ⅱ B. L., Skole D, and Fischer G. *et al*. Land-use and Land-cover Change: Science/Research Plan. IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7. Stockholm and Geneva, 1995
7. 摆万奇，赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析，资源科学，2001，23(3)：39～41
8. 蔡运龙. 贵州省地域结构与资源开发，北京：海洋出版社，1990
9. 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究：寻求新的综合途径，地理研究，2001，20(6)：645～652
10. 蔡运龙等编. 同等学历人员申请硕士学位地理学考试大纲和复习指南，北京：高等教育出版社，1999
11. 陈百明，刘新卫，杨红. LUCC 研究的最新进展评述，地理科学进展，2003，22(1)：22～29
12. 陈百明. 区域土地可持续利用指标体系框架的构建与评价，地理科学进展，2002，21(3)：204～215
13. 陈传康，伍光和，李昌文编. 综合自然地理学，北京：高等教育出版社，1993
14. 陈传康等. 近 10 年来自然地理学的新进展，地理学报，1994，49(增刊)：684～690
15. 陈佑启，杨鹏. 国际上土地利用/土地覆被变化研究的新进展，经济地理，2001，21(1)：95～100
16. 程伟民，谢炳庚. 综合自然地理学，长沙：湖南师范大学出版社，1990
17. 楚道文. 景观生态学概念起源与发展，山东师范大学学报(自然科学版)，2002，17(1)：54～57
18. 戴尔阜. 土地持续利用系统分析、评价与调控机制研究，北京大学博士学位论文，2002
19. 付在毅，许学工. 区域生态风险评价，地球科学进展，2001，16(2)：267～271
20. 傅伯杰，陈利顶等. 土地可持续利用评价的指标体系与方法，自然资源学报，1997，2(12)：112～118
21. 傅伯杰，刘世梁，马克明. 生态系统综合评价的内容与方法，生态学报，2001，21(11)：1885～1892
22. 黄秉维. 自然地理学的一些最主要趋势，科学通报，1960，第 10 期
23. 黄秉维，郑度，赵名茶. 现代自然地理，北京：科学出版社，1999
24. 贾宝全，杨洁泉. 景观生态学的起源与发展，干旱区研究，1999，16(3)：12～18

25. 景贵和. 土地评价与土地生态设计,地理学报,1986,41(1):1～6
26. 景贵和,周人龙,徐樵利编. 综合自然地理学,北京:高等教育出版社,1989
27. 冷疏影,李秀彬. 土地质量指标体系国际研究的新进展,地理学报,1999,54 (2):177～185
28. 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域 土地利用/土地覆被变化的国际研究动态,地理学报,1996,51(6):543～548
29. 刘德生主编. 世界自然地理(第二版),北京:高等教育出版社,1986
30. 刘惠清,许嘉巍,乔志和编著. 现代综合自然地理学,长春:吉林人民出版社,2002
31. 刘南威,郭有立编. 综合自然地理,北京:科学出版社,1993
32. 刘胤汉. 综合自然地理学理论与实践研究,西安:陕西人民出版社,1991
33. 美国国家研究院地学、环境与资源委员会地球科学与资源局重新发现地理学委员会编,黄润华译. 重新发现地理学与科学和社会的新关联,北京:学苑出版社,2002
34. 蒙吉军,李正国,吴秀芹. 县域尺度土地利用/覆被变化研究——以河西走廊肃州绿洲为例,兰州大学学报(自然科学版),2004,40(3):89～94
35. 蒙吉军,李正国. 河西走廊景观类型变化的社会经济驱动力研究,中国沙漠,2004,24(1):56～62
36. 倪绍祥编著. 土地类型与土地评价概论(第二版),北京:高等教育出版社,1999
37. 牛文元. 现代应用地理,北京:科学出版社,1985
38. 欧阳志云,王如松. 生态系统服务功能、生态价值与可持续发展,世界科技研究与发展,22(5):45～50
39. 潘树荣,伍光和等. 自然地理学,北京:高等教育出版社,2000
40. 全国农业区划委员会《中国自然区划概要》编写组. 中国自然区划概要,北京:科学出版社,1984
41. 全石林编. 综合自然地理学导论,开封:河南大学出版社,1988
42. 任海,邬建国等. 生态系统管理的概念及其要素,应用生态学报,2000,11(3):455～458
43. 石纯,张琦,余国培. 生态服务与生态足迹的概念及其启示,环境教育,2003,4
44. 史培军,宫鹏,李晓兵等. 土地利用/覆被变化研究的方法与实践,北京:科学出版社,2000
45. 王恩涌. 对地理学与自然地理专业发展历史的一些回顾,自然地理学的回顾与进展,北京:测绘出版社,1993
46. 邬建国. 景观生态学——概念与理论,生态学杂志,2000,19(1):42～52
47. 肖笃宁,陈文波,郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容,应用生态学报,2002,13(3):354～358
48. 肖笃宁. 从1995年国际景观生态学大会看当前国内外景观生态学发展的现状,地球科学进展,1996,11(4):383～387
49. 肖笃宁. 景观生态学:理论、方法与应用,北京:中国林业出版社,1999,1～41
50. 肖风劲,欧阳华. 生态系统健康及其评价指标和方法,自然资源学报,2002,17(2):203～209
51. 张志强,徐中民,程国栋. 生态足迹的概念及计算模型,生态经济,2000,10:8～10
52. 赵济主编. 中国自然地理(第三版),北京:高等教育出版社,1995
53. 赵松乔等. 近三十年来中国综合自然地理学的进展,地理学报,1979,34(3)
54. 赵松桥等编著. 现代自然地理,北京:科学出版社,1988
55. 左大康主编. 现代地理学辞典,北京:商务印书馆,1990

附录一　外国人名姓氏英(俄)汉对照

（数字为正文中人名首次出现的页码）

附录二 汉英(俄)对照专业词汇

(数字为正文中专业名词首次出现的页码)

《21世纪议程》Agenda 21 237

DPSIR 模型 Drivingforce-Pressure-State-Impact-Responses 174

GAP模型(保护生物多样性的地理学方法) A Geographic Approach to Protect Biological Diversity 166

PSR模型 Pressures-State-Responses 173

A

安全性或稳定性 security 176

B

斑块 patch 209

斑块尺度 path scale 181

暴露分析 exposure effect 191

边缘效应 edge effect 214

表成体(表成地圈) epigeosphere 3

冰期-间冰期旋回 glacial-interglacial period cycle 42

部门自然地理学 Sectorial Physical Geography 2

C

层次分析法 Analytic Hierarchy Process,简称AHP法 146

超世纪旋回 ultra-century cycle 42

潮汐能 tidal energy 22

沉积岩石圈 lithosphere 19

城市气候 urban climate 58

城市热岛 urban heatisland 58

尺度 scale 181

处境 place 62

垂直带性 vertical zone 58

D

大陆尺度 continent scale 181

大气迁移 aerial migration 33

大气循环 atmosphere cycle 26

大区 сектор(俄) 85

带段 belted sector 89

带段性分异 belted zone differentiation 56

岛屿生物地理学 Island Biogeography 216

等高线系统 contour system 137

等级理论 hierarchy theory 213

地产经营学 Land Management 112

地带段 zonal sector 89

地带性 zonality 53

地带性因素 zonal factor 50

地方 local 207

地方 местность(俄) 114

地方尺度 local scale 107

地方气候 local climate 58

地方性 locality 60

地理地带周期律 the periodic law of geographical zonality 22

地貌 physiognomy 23

地貌学 Geomorphology 4

地球表层 earth surface 1

地球化学迁移 geochemical migration 32

地区 область(俄) 85

地热 terrestrial heat 22

地域分级单位 regional hierarchy unit 122

地域分异 regional differentiation 50

地域分异规律 rule of regional differentia-

F

G

H

J

K

T

[General Information]
□□=□□□□□□□
□□=□□□□□
□□=264
SS□=11460105
DX□=
□□□□=2005□01□□1□
□□□=□□□□□□□

[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

[illegible]